

SKRIPSI

STUDI PENELITIAN PEMANFAATAN LUMPUR LAPINDO SEBAGAI FILLER KOMBINASI ABU BATU PADA BETON ASPAL (AC-WC)



Disusun oleh:

AKHMAD JAELANI

13 21 123

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1
FAKULTAS TELNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
MALANG
2017**

**LEMBAR PERSETUJUAN
SKRIPSI**

**STUDI PENELITIAN PEMANFAATAN LUMPUR LAPINDO SEBAGAI *FILLER*
KOMBINASI ABU BATU PADA BETON ASPAL (*AC-WC*)**

*Disusun dan Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Sipil (S-1)
Institut Teknologi Nasional Malang*

Disusun Oleh :

AKHMAD JAELANI
NIM. 13.21.123

Disetujui Oleh :

Dosen Pembimbing I



Ir. Eding Iskak Imananto, MT

Dosen Pembimbing II



Ir. Agus Prajitno, MT.

Mengetahui

Ketua Program Studi Teknik Sipil S-1
Institut Teknologi Nasional Malang




Ir. A. Agus Santosa, MT.

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
MALANG
2017**

**LEMBAR PENGESAHAN
SKRIPSI**

**STUDI PENELITIAN PEMANFAATAN LUMPUR LAPINDO SEBAGAI *FILLER*
KOMBINASI ABU BATU PADA BETON ASPAL (AC-WC)**

*Dipertahankan Dihadapan Majelis Penguji Sidang Skripsi
Jenjang Strata Satu (S-1)*

Pada hari : Senin

Tanggal : 07 Agustus 2017

*Dan Diterima Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan
Guna Memperoleh Gelar Sarjana Teknik*

Disusun Oleh :

AKHMAD JAELANI
NIM. 13.21.123


Disahkan Oleh :

**Ketua Program Studi
Teknik Sipil S-1**



Ir. A. Agus Santosa, MT.

**Sekretaris Program Studi
Teknik Sipil S-1**



Ir. Munasih, MT.

Anggota Penguji :

Dosen Penguji I



Dr. Ir. Nusa Sebayang, MT.

Dosen Penguji II



Drs. Kamidjo Rahardjo, ST, MT.

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
MALANG
2017**

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : AKHMAD JAELANI

NIM : 13.21.123

Program Studi : Teknik Sipil S-1

Fakultas : Teknik Sipil dan Perencanaan

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi saya dengan judul :


**“STUDI PENELITIAN PEMANFAATAN LUMPUR LAPINDO SEBAGAI
FILLER KOMBINASI ABU BATU PADA BETON ASPAL (AC-WC) ”**

Adalah asli karya saya sendiri dan bukan merupakan duplikat serta tidak mengutip atau menyadur karya orang lain, kecuali yang disebut dari sumber asli dan tercantum dalam daftar pustaka.

Malang, 31 Agustus 2017

Yang membuat pernyataan




Akhmad Jaelani.
13.21.123

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan puji syukur Kehadirat Tuhan Yang Maha Esa atas Rahmat dan Berkah-Nya sehingga penyusun dapat menyelesaikan Skripsi dengan baik dan benar.

Skripsi ini dibuat untuk memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan gelar strata satu (S-1), Fakultas teknik Sipil dan Perencanaan. Program Studi Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional Malang.

Dalam proses penyelesaian Skripsi ini, penyusun mengucapkan banyak terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. Ir. Lalu Mulyadi, MT, selaku Rektor ITN Malang
2. Bapak Dr. Ir. Nusa Sebayang, MT, selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan.
3. Bapak Ir. A. Agus Santosa, MT, selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil S-1.
4. Bapak Ir. Eding Iskak Imananto, MT selaku Pembimbing Skripsi I (satu)
5. Bapak Ir. Agus Prajitno, MT selaku Pembimbing Skripsi II (dua)
6. Bapak Dr. Ir. Nusa Sebayang, MT, selaku Penguji Skripsi I (satu)
7. Bapak Drs. Kamidjo Raharjo, MT, selaku Penguji Skripsi II (dua)
8. Bapak Moh. Erfan, ST, MT. Selaku Kepala Laboratorium Bahan Konstruksi ITN Malang.
9. Bapak M. Mahfud, selaku Ahli Laboratorium ITN Malang.
10. Kepada orang tua kami masing-masing yang telah mendukung kami lewat materi dan semangat untuk menyelesaikan skripsi ini.
11. Teman-teman yang telah memberi semangat, dukungan dan doa untuk menyelesaikan Skripsi ini.

Penyusun menyadari bahwa pada skripsi ini, mungkin masih banyak kekurangan ataupun kesalahan. Oleh karena itu, penyusun selalu mengharapkan saran, petunjuk, kritik dan bimbingan yang bersifat membangun, demi kelanjutan kami selanjutnya.

Malang, 31 Agustus 2017

Penyusun

LEMBAR PERSEMBAHAN

Alhamdulillah hirobil`alamin, Puji syukur dan sujud kepadamu
Ya Allah.

Telah memberikan bimbingan, kemudahan serta keberhasilan dalam
perjalananku ini, didalam menyelesaikan studi S-1.

Kupersembahkan karya ini untuk orang-orang yang sangat aku
cintai dan sayangi. Terima kasih ayah dan ibu yang telah memberikan
dukungan serta do'a dan tidak terbayarkan oleh materi serta memberikan
pendidikan agar menjadi orang yang berguna dimasa depan. Amin.....

Buat saudara" saya yang selalu mendukung dan juga membantu
dalam materi. Terima kasih untuk saudara" mbak fatim, mas iwan, mbak
dwi, mbak eni, mas ovek, mbak linda, yudha dll.

Buat dosen-dosen yang sangat membantu saya mengerjakan skripsi
terima kasih banyak atas bimbingannya. Serta buat orang yang selalu
membantu dan mengingatkan akan kewajiban saya untuk menyelesaikan
tugas akhir ini (Reza Dwi Sapta Ningrum) skali. Lagi saya sangat
berterimakasih atas semuanya.

Satu Lagi yang mendalangi Tugas Akhir Saya adalah Ir. M.
Mahfud, MSI (Master Sembarang Iso) Matursuwun Sangetn Pak, mugi-
mugi berkah...



Terimakasih tanpa batas insya allah akan aku ingat kalian semua, Buat
semua yang tidak tersebut terima kasih, karena manusia ta' akan pernah
luput dari Lupa.

"KITA UNTUK SELAMANYA"

“Studi Penelitian Pemanfaatan Lumpur Lapindo Sebagai *Filler* Kombinasi Abu Batu Pada Beton Aspal (AC-WC)

Oleh : Akhmad Jaelani

Pembimbing : 1. Ir. Eding Iskak Imananto, MT.

2. Ir. Agus Prajitno, MT.

ABSTRAK

Lumpur Lapindo merupakan limbah yang dihasilkan dari bencana semburan lumpur panas di lokasi pengeboran PT. Lapindo Brantas di Porong, Sidoarjo, Jawa Timur. Banyak penelitian dilakukan untuk mencegah dan di usahakan untuk memanfaatkan limbah tersebut seperti penggunaan Lumpur Lapindo sebagai bahan konstruksi, timbunan dan lain-lain. Pada penelitian ini limbah pada lumpur Lapindo digunakan sebagai *Filler* pengganti abu batu pada aspal beton.

Tujuan penelitian ini adalah (1) Untuk mengetahui apakah lumpur Lapindo mempunyai pengaruh terhadap kekuatan aspal beton. (2) Untuk mengetahui variasi komposisi berapa agar di dapatkan nilai optimum. (3) Untuk mengetahui apakah lumpur Lapindo dapat digunakan sebagai pengganti abu batu pada beton aspal. Metode penelitian yang digunakan adalah penelitian eksperimental yang dilakukan di laboratorium untuk mendapatkan data yang di perlukan, kemudian data tersebut di analisis secara statistik, digunakan untuk menguji hipotesis, sehingga di dapatkan suatu kesimpulan akhir.

Dari hasil penelitian yang dilakukan, didapatkan: (1) Pemberian *filler* lumpur Lapindo berpengaruh atau memberikan perbedaan terhadap kekuatan beton aspal. Hal ini dapat di lihat dari pengujian hipotesis, dimana $F_{hitung} > F_{tabel}$. (2) Kombinasi Kadar *filler* optimum adalah 26,50% dimana jika lebih dari itu sifat kelebihannya lebih tinggi. (3) Nilai Stabilitas tanpa menggunakan *filler* Lumpur lapindo didapatkan 993,477 kg, dan dengan menggunakan *filler* Lumpur Lapindo pada KFO didapatkan 1025,57 kg.

Kata Kunci: Lumpur Lapindo, *Filler*, Kadar *Filler* Optimum

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR KEASLIAN	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
LEMBAR PERSEMBAHAN	v
ABSTRAK	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GRAFIK	xvii
DAFTAR GAMBAR.....	xix

BAB I PENDAHULUAN.....	1
----------------------------------	----------

1.1. Latar Belakang	1
1.2. Identifikasi Masalah	3
1.3. Rumusan Masalah	3
1.4. Tujuan Penelitian.....	4
1.5. Manfaat Penelitian.....	4
1.6. Hipotesis Penelitian.....	5
1.7. Batasan masalah	5

BAB II LANDASAN TEORI	6
--------------------------------------	----------

2.1. Penelitian Terdahulu	6
2.2. Konstruksi Jalan Raya	7
2.3. Jenis dan Fungsi Lapisan Konstruksi Perkerasan Jalan	9
2.3.1 Perkerasan Lentur (<i>Fleksibel Pavement</i>).....	9
2.3.1.1. Lapisan Permukaan (<i>Surface Course</i>).....	10
2.3.1.2. Lapisan Pondasi Atas (<i>Base Course</i>)	11

2.3.1.3. Lapisan Pondasi Bawah (<i>Sub Base</i>).....	11
2.3.1.4. Lapisan tanah dasar (<i>subgrade</i>)	11
2.3.2. Perkerasan Kaku (<i>Rigid Pavement</i>).....	12
2.3.2.1. Jenis-Jenis Perkerasaan Kaku	13
2.3.3. Perkerasan Komposit (<i>Composit Pavement</i>).....	14
2.4. Kontruksi Perkerasan Lentur	14
2.5. Lapis Permukaan	16
2.5.1. Lapisan Beton Aspal (<i>Asphalt Concrete</i>).....	16
2.5.2. Klasifikasi Aspal Beton.....	20
2.6. Material penyusun Aspal Beton (<i>Asphalt Concrete</i>).....	21
2.6.1. Agregat Kasar.....	21
2.6.2. Agregat Sedang	22
2.6.3. Agregat Halus.....	22
2.6.4. <i>Filler</i>	22
2.7. Karakteristik Lumpur Lapindo	24
2.8. Gradasi Agregat.....	25
2.8.1 Spesifikasi gradasi agregat lapis AC-WC	27
2.8.2. Campuran Aspal AC-WC (<i>Asphalt Concrete - Wearing Course</i>).....	29
2.9. Metode Karateristik <i>Marshall</i>	31
2.9.1. Pengujian <i>Marshall</i>	34

BAB III METODOLOGI PENELITIAN 41

3.1. Operasional Penelitian.....	41
3.2. Tempat Penelitian.....	41
3.3. Rancangan Penelitian	42
3.4. Persiapan Alat Pengujian, Bahan dan Benda Uji	42
3.4.1. Benda Uji.....	42
3.4.2 Persiapan Peralatan	43
3.4.3. Bahan-bahan Material	45
3.5. Populasi dan Sampel	50

3.6. Pengumpulan Data	50
3.7. Teknik Analisa Data.....	51
3.8. Metode Pengujian Aspal	52
3.8.1. Pengujian Penetrasi Bahan-bahan Bitumen	52
3.8.2. Pengujian Titik Nyala dan Titik Bakar	54
3.8.3. Pengujian Titik Lembek Aspal.....	56
3.8.4. Pengujian Daktilitas	58
3.8.5. Pengujian Berat Jenis Bitumen Keras	59
3.8.6. Pengujian Penurunan Berat Minyak dan Aspal	61
3.9. Metode Pengujian Material Agregat	62
3.9.1. Pengujian Agregat Terhadap Tumbukan (<i>Impact Value</i>)	62
3.9.2. Pengujian Indeks Kepipihan (<i>Flakine Indeks</i>)	64
3.9.3. Pengujian Angka Angularitas (<i>Angularity Number</i>).....	66
3.9.4. Pengujian Berat Isi Agregat	67
3.9.5. Pengujian Analisa Saringan Agregat Kasar, Sedang dan Halus	69
3.9.6. Pengujian Keasusan Agregat dengan Menggunakan	70
3.9.7. Pengujian Berat Jenis dan penyerapan Halus.....	70
3.9.8. Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar....	73
3.9.9. Pengujian Campuran Aspal Metode Marshall	74
3.10. Metode Analisa Data Bahan.....	77
3.10.1. Penetrasi Bahan-bahan Bitumen	77
3.10.2. Titik Nyala dan Titik Bakar	77
3.10.3. Daktilitas Aspal	77
3.10.4. Berat Jenis Aspal Keras.....	77
3.10.5. Kehilangan Berat Minyak dan Aspal	78
3.10.6. Kekuatan Agregat Terhadap Tumbukan	78
3.10.7. Pengujian Indeks Kepipihan.....	79
3.10.8. Analisa Saringan Agregat Halus dan Kasar	79
3.10.9. Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus	81
3.10.10. Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar.....	82

3.10.11. Penentuan Angka Angularitas	82
3.10.12. Pengujian Berat Isi dan Rongga Udara dalam Agregat	83
3.10.13. Pengujian Campuran Aspal Metode Marshall	84
3.11. Analisa Statistik Uji-T	87
3.12. Analisa Statistik Uji-F	87
3.13. Pengujian yang Tidak dilakukan	89
3.14. Bagan Alir Proses Penelitian	90
BAB IV DATA HASIL PENELITIAN	93
4.1. Hasil Pengujian Agregat.....	93
4.1.1. Pengujian Agregat Terhadap Tumbukan.....	93
4.1.1.1. Hasil Pengujian	94
4.1.2. Hasil Pengujian Indeks Kepipihan	95
4.1.2.1. Hasil Pengujian	96
4.1.3. Pengujian Angka Angularitas.....	97
4.1.3.1. Hasil Pengujian	98
4.1.4. Pengujian Berat Isi Agregat	100
4.1.4.1. Hasil Pengujian	101
4.1.5. Pengujian Analisa Saringan Kasar, Sedang dan Halus .	103
4.1.6. Hasil Pengujian Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Halus.....	107
4.1.6.1. Hasil Pengujian	108
4.1.7. Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar	110
4.1.8. Pengujian Keausan Agregat dengan Alat Abrasi Los Angles	114
4.1.8.1. Hasil Pengujian	115
4.2. Hasil Pengujian Aspal	115
4.2.1. Pengujian Penetrasi Aspal	115
4.2.1.1. Hasil Pengujian	116
4.2.2. Pengujian Titik Nyala dan Titik Bakar	118

4.2.2.1. Hasil Pengujian	120
4.2.3. Hasil Pengujian Titik Lembek Aspal dan Ter	120
4.2.3.1. Hasil Pengujian	123
4.2.4. Hasil Pngujian Daktalitas Aspal.....	123
4.2.3.1. Hasil Pengujian	126
4.2.5. Pengujian Berat Jenis Bitumen Keras dan Ter.....	126
4.2.5.1. Hasil Pegujian	128
4.2.6.Hasil Pengujian Penurunan Berat Minyak dan Aspal	128
4.2.6.1. Hasil Pengujian	129
4.3. Perencanaan Komposisi Campuran.....	130
4.3.1. Perhitungan Persentase Agregat dengan Metode Grafis	130
4.4. Komposisi Campuran Untuk Variasi Aspal	133
4.5. Marshal Test.....	135
4.5.1. Maksud dan Tujuan.....	135
4.5.2. Hasil Pengujian	136

BAB V HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN 137

5.1. Perhitungan Mencari Kadar Filller Optimum (KFO) menggunakan Lumpur Lapindo	137
5.1.1. Data Hasil Pengujian Test Marshall.....	137
5.2. Pengujian Interval Kepercayaan.....	151
5.2.1. Perhitungan Indeks Perendaman (IP)	166
5.2.2. Cara Mencari KFO	166
5.3. Pengujian Hipotesis.....	175
5.4. Analisa Regresi dan Pembahasan.....	179
5.4.1. Analisa Regresi	179
5.4.2. Pembahasan.....	181
5.4.3 Kadar Filler Optimum	189

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN.....	191
6.1. Kesimpulan.....	191
6.2. Saran.....	192
 DAFTAR PUSTAKA	193
LAMPIRAN.....	194

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Gradasi Bahan Pengisi	23
Tabel 2.2	Kandungan Kimia Lumpur Lapindo	24
Tabel 2.3	Tekstur Tanah Lumpur Lapindo Sidoarjo.....	25
Tabel 2.4	Gradasi Agregat untuk Campuran Aspal	27
Tabel 2.5	Ketentuan Spesifikasi Aspal	30
Tabel 3.1	Peralatan Pengujian Aspal	43
Tabel 3.2	Peralatan Pengujian Agregat	44
Tabel 3.3	Peralatan Pengujian Campuran Aspal Dengan Agregat	44
Tabel 3.4	Jumlah Benda Uji Mencari Kadar Aspal Optimum (KAO)..	50
Tabel 3.5	Penyaringan Benda Uji Sesuai dengan Ketentuan Fraksi Agregat	65
Tabel 4.1	Hasil Pengujian Agregat Terhadap Tumbukan.....	93
Tabel 4.2	Hasil Pengujian Indeks Kepipihan.....	96
Tabel 4.3	Hasil Penentuan Angka Angularitas	98
Tabel 4.4	Hasil Pengujian Berat Isi Agregat	101
Tabel 4.5	Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Kasar.....	104
Tabel 4.6	Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Sedang	105
Tabel 4.7	Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus	106
Tabel 4.8	Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus	108
Tabel 4.9	Hasil Pengujian Berat dan Penyerapan Agregat Kasar	111
Tabel 4.10	Hasil Pengujian Keausan Agregat Kasar dengan Alat Abrasi Los Angeles	114
Tabel 4.11	Hasil Pengujian Penetrasi Aspal Sebelum Kehilangan Berat	116
Tabel 4.12	Hasil Pengujian Penetrasi Aspal Sesudah Kehilangan Berat	117
Tabel 4.13	Hasil Pengujian Titik Nyala dan Titik Bakar Aspal	119

Tabel 4.14	Hasil Pengujian Titik Lembek Aspal dan Ter Sebelum Kehilangan Berat	121
Tabel 4.15	Hasil Pengujian Titik Lembek Aspal dan Ter Sesudah Kehilangan Berat	122
Tabel 4.16	Hasil Pengujian Daktilitas Aspal Sebelum Kehilangan Berat	124
Tabel 4.17	Hasil Pengujian Daktilitas Aspal Sesudah Kehilangan Berat	125
Tabel 4.18	Hasil Pengujian Berat Jenis Bitumen Keras dan Ter.....	127
Tabel 4.19	Hasil Pengujian Berat Jenis Bitumen Keras dan Ter.....	129
Tabel 4.20	Komposisi Campuran Prosentase Agregat Spesifikasi AC-WC	132
Tabel 4.21	Perencanaan Komposisi Campuran	134
Tabel 5.1	Perhitungan Marshall Test Campuran AC-WC Direndam Dalam Water Bath Selama 30 menit pada Suhu 60°C (Kadar Filler Lumpur Lapindo 0%)	141
Tabel 5.2	Perhitungan Marshall Test Campuran AC-WC Direndam Dalam Water Bath Selama 30 menit pada Suhu 60°C (Kadar Filler Lumpur Lapindo 30%)	142
Tabel 5.3	Perhitungan Marshall Test Campuran AC-WC Direndam Dalam Water Bath Selama 30 menit pada Suhu 60°C (Kadar Filler Lumpur Lapindo 40%)	143
Tabel 5.4	Perhitungan Marshall Test Campuran AC-WC Direndam Dalam Water Bath Selama 30 menit pada Suhu 60°C (Kadar Filler Lumpur Lapindo 50%)	144
Tabel 5.5	Perhitungan Marshall Test Campuran AC-WC Direndam Dalam Water Bath Selama 30 menit pada Suhu 60°C (Kadar Filler Lumpur Lapindo 60%)	145
Tabel 5.6	Perhitungan Marshall Test Campuran AC-WC Direndam Dalam Water Bath Selama 24 jam pada Suhu 60°C	

	(Kadar Filler Lumpur Lapindo 0%)	146
Tabel 5.7	Perhitungan Marshall Test Campuran AC-WC Direndam Dalam Water Bath Selama 24 jam pada Suhu 60°C (Kadar Filler Lumpur Lapindo 30%)	147
Tabel 5.8	Perhitungan Marshall Test Campuran AC-WC Direndam Dalam Water Bath Selama 24 jam pada Suhu 60°C (Kadar Filler Lumpur Lapindo 40%)	148
Tabel 5.9	Perhitungan Marshall Test Campuran AC-WC Direndam Dalam Water Bath Selama 24 jam pada Suhu 60°C (Kadar Filler Lumpur Lapindo 50%)	149
Tabel 5.10	Perhitungan Marshall Test Campuran AC-WC Direndam Dalam Water Bath Selama 24 jam pada Suhu 60°C (Kadar Filler Lumpur Lapindo 60%)	150
Tabel 5.11	Data Pengujian Stabilitas pada Variasi Filler Lumpur Lapindo 0%	151
Tabel 5.12	Data Pengujian Stabilitas Pada Kadar Filler Lumpur Lapindo 0% Setelah Pengujian Interval Kepercayaan	153
Tabel 5.13	Interval Kepercayaan Stabilitas (Perendaman 30 menit)	154
Tabel 5.14	Data Pengujian Stabilitas setelah Dilakukan Pengujian Interval Kepercayaan (Perendaman 30 menit)	154
Tabel 5.15	Interval Kepercayaan Flow (Perendaman 30 Menit).....	155
Tabel 5.16	Data Pengujian Flow setelah Dilakukan Pengujian Interval Kepercayaan (Perendaman 30 menit).....	155
Tabel 5.17	Interval Kepercayaan VIM (Perendaman 30 Menit)	156
Tabel 5.18	Data Pengujian VIM setelah Dilakukan Pengujian Interval Kepercayaan (Perendaman 30 menit).....	156
Tabel 5.19	Interval Kepercayaan VMA (Perendaman 30 Menit).....	157
Tabel 5.20	Data Pengujian VMA setelah Dilakukan Pengujian Interval Kepercayaan (Perendaman 30 menit).....	157

Tabel 5.21	Interval Kepercayaan Marshall Quotient (Perendaman 30 Menit)	158
Tabel 5.22	Data Pengujian Marshall Quotient setelah Dilakukan Pengujian Interval Kepercayaan (Perendaman 30 Menit) .	158
Tabel 5.23	Interval Kepercayaan VFA (Perendaman 30 Menit)	159
Tabel 5.24	Data Pengujian VFA setelah Dilakukan Pengujian Interval Kepercayaan (Perendaman 30 menit)	159
Tabel 5.25	Interval Kepercayaan Stabilitas (Perendaman 24 Jam)	160
Tabel 5.26	Data Pengujian Stabilitas setelah Dilakukan Pengujian Interval Kepercayaan (Perendaman 24 Jam)	160
Tabel 5.27	Interval Kepercayaan Flow (Perendaman 24 Jam)	161
Tabel 5.28	Data Pengujian Flow setelah Dilakukan Pengujian Interval Kepercayaan (Perendaman 24 Jam)	161
Tabel 5.29	Interval Kepercayaan VIM (Perendaman 24 Jam)	162
Tabel 5.30	Data Pengujian VIM setelah Dilakukan Pengujian Interval Kepercayaan (Perendaman 24 Jam)	162
Tabel 5.31	Interval Kepercayaan VMA (Perendaman 24 Jam)	163
Tabel 5.32	Data Pengujian VMA setelah Dilakukan Pengujian Interval Kepercayaan (Perendaman 24 Jam)	163
Tabel 5.33	Interval Kepercayaan Marshall Quotient (Perendaman 24 Jam)	164
Tabel 5.34	Data Pengujian Marshall Quotient setelah Dilakukan Pengujian Interval Kepercayaan (Perendaman 24 Jam)	164
Tabel 5.35	Interval Kepercayaan VFA (Perendaman 24 Jam)	165
Tabel 5.36	Data Pengujian VFA setelah Dilakukan Pengujian Interval Kepercayaan (Perendaman 24 Jam)	165
Tabel 5.37	Data Indeks Perendaman	166
Tabel 5.38	Data Stabilitas dengan Variasi Lumpur Lapindo (30 menit)	175
Tabel 5.39	Analisa Vaian untuk Stabilitas	177
Tabel 5.40	Analisa Varian Satu Arah	178

DAFTAR GRAFIK

Grafik 4.1	Grafik Diagonal Komposisi Campuran Agregat.....	131
Grafik 5.1	Interval Kepercayaan Hubungan Antara Lumpur Lapindo Dengan Stabilitas (Perendaman 30 Menit)	168
Grafik 5.2	Interval Kepercayaan Hubungan Antara Lumpur Lapindo Dengan Stabilitas (Perendaman 24 Jam).....	168
Grafik 5.3	Interval Kepercayaan Hubungan Antara Lumpur Lapindo Dengan Flow (Perendaman 30 Menit)	169
Grafik 5.4	Interval Kepercayaan Hubungan Antara Lumpur Lapindo Dengan Flow (Perendaman 24 Jam)	169
Grafik 5.5	Interval Kepercayaan Hubungan Antara Lumpur Lapindo Dengan VIM (Perendaman 30 Menit).....	170
Grafik 5.6	Interval Kepercayaan Hubungan Antara Lumpur Lapindo Dengan VIM (Perendaman 24 Jam).....	170
Grafik 5.7	Interval Kepercayaan Hubungan Antara Lumpur Lapindo Dengan VMA (Perendaman 30 Menit)	171
Grafik 5.8	Interval Kepercayaan Hubungan Antara Lumpur Lapindo Dengan VMA (Perendaman 24 Jam)	171
Grafik 5.9	Interval Kepercayaan Hubungan Antara Lumpur Lapindo Dengan Marshall Quotient (Perendaman 30 Menit)	172
Grafik 5.10	Interval Kepercayaan Hubungan Antara Lumpur Lapindo Dengan Marshall Quotient (Perendaman 24 Jam)	172
Grafik 5.11	Interval Kepercayaan Hubungan Antara Lumpur Lapindo Dengan VFA (Perendaman 30 Menit)	173
Grafik 5.12	Interval Kepercayaan Hubungan Antara Lumpur Lapindo Dengan VFA (Perendaman 24 Jam)	173
Grafik 5.13	Interval Kepercayaan Hubungan Antara Lumpur Lapindo Dengan Indeks Perendaman (IP).....	174
Grafik 5.14	Hubungan Antara Filler Lumpur lapindo dengan	

	Stabilitas.....	182
Grafik 5.15	Hubungan Antara Filler Lumpur lapindo dengan Flow ...	183
Grafik 5.16	Hubungan Antara Filler Lumpur lapindo dengan VIM ...	185
Grafik 5.17	Hubungan Antara Filler Lumpur lapindo dengan VMA..	186
Grafik 5.18	Hubungan Antara Filler Lumpur lapindo dengan MQ.....	187
Grafik 5.19	Diagram Batang Filler Optimum	189

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.a	Lapisan Perkerasan Jalan Lentur	9
Gambar 2.b	Lapisan Perkerasan Kaku	12
Gambar 2.c	Lapisan Perkerasan Komposit	14
Gambar 2.d	Lapisan Aus AC-WC	29
Gambar 3.1	Alat Penetrasi	52
Gambar 3.2	Alat Pengujian Titik Nyala dan Titik Bakar.....	54
Gambar 3.3	Pemeriksaan Titik Lembek	56
Gambar 3.4	Mesin Pengukur dan Cetakan Daktilitas	58
Gambar 3.5	Pemeriksaan Berat Jenis Aspal Keras	59
Gambar 3.6	Aparatus Pemeriksaan Kehilangan Berat Minyak dan Aspal	61
Gambar 3.7	Detail Mesin Impact Aggregate	63
Gambar 3.8	Alat Pengukur Kepipihan	64
Gambar 3.9	Cetakan dan Alat Uji Marshall.....	75

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Untuk mendapatkan kondisi jalan yang baik, sejak awal perlu direncanakan perkerasan jalan yang sesuai dengan tingkat kepadatan lalu lintas. Perkerasan jalan yang umum digunakan di Indonesia adalah campuran lapisan aspal beton (LASTON). Aspal beton mempunyai beberapa kelebihan dibanding bahan-bahan lainnya, diantaranya harga relatif lebih murah dibanding beton, kemampuannya dalam mendukung beban berat kendaraan yang tinggi dan dapat di buat dari bahan-bahan lokal yang tersedia dan mempunyai ketahanan yang baik terhadap cuaca.

Disamping itu suatu perkerasan jalan sekuat apapun tanpa didukung oleh fasilitas drainase akan dengan mudah menurun kekuatannya sebagai akibat dari melemahnya kepadatan lapisan pondasi dan terurainya butiran agregat dari bahan pengikatnya. Pemeliharaan saluran di tepi kiri – kanan badan jalan menjadi penting dan air harus senantiasa mengalir dengan lancar karena genangan air hujan akan melemahkan struktur perkerasan secara menyeluruh.

Fasilitas drainase jalan yang berfungsi untuk membuang air berlebih pada permukaan suatu jalan, umumnya perlu mendapatkan perawatan dan pemeliharaan rutin agar dapat tetap berfungsi secara optimal. Kerusakan yang sering timbul dan

kurang berfungsinya fasilitas drainase jalan tergantung kepada jenis bahan yang digunakan.

Mengenai agregat yang umum digunakan untuk perkerasan jalan adalah batu pecah, pasir dan abu batu sebagai bahan pengisi atau *filler*. Pada perkerasan jalan raya, *filler* memiliki persentase yang paling kecil dibandingkan dengan agregat kasar dan halus, namun *filler* mempunyai pengaruh yang signifikan pada campuran perkerasan jalan raya, karena *filler* mengisi rongga udara pada campuran perkerasan jalan raya dengan ukuran butir lolos saringan no. 200.

Hal ini mendorong penulis untuk memanfaatkan limbah lumpur Lapindo yang bisa digunakan sebagai *filler* pada campuran perkerasan jalan raya khususnya campuran Laston dan HRS, selain material yang umumnya sudah digunakan Lumpur Lapindo merupakan limbah yang dihasilkan dari bencana semburan lumpur panas di lokasi pengeboran PT. Lapindo Brantas di Porong, Sidoarjo, Jawa Timur, yang telah berlangsung sejak Mei 2006. Banyak penelitian dilakukan untuk mencegah dan diusahakan untuk memanfaatkan limbah tersebut seperti penggunaan lumpur Lapindo untuk genteng keramik (Setyawati, 2007). Pada penelitian ini limbah lumpur Lapindo digunakan sebagai *filler* pada campuran perkerasan jalan raya.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas maka indentifikasi masalah dalam penelitian ini yaitu:

1. Untuk mendapatkan nilai optimum komposisi Lumpur Lapindo, maka perlu dilakukan penelitian agar didapatkan nilai variasi penggunaan material Lumpur Lapindo sebagai *filler* pengganti Abu batu.
2. Terkait dengan standar spesifikasi material penyusun aspal beton AC-WC, apakah Lumpur Lapindo dapat digunakan sebagai *filler* pengganti Abu batu.

1.3 Rumusan Masalah

Masalah penelitian yang akan diteliti adalah *``apakah lumpur lapindo dapat digunakan sebagai filler pengganti abu batu pada aspal beton``* dengan rincian sebagai berikut:

1. Berapa nilai optimum komposisi Lumpur Lapindo dan Abu Batu jika digunakan filler pada campuran AC-WC?
2. Apakah Lumpur Lapindo dapat digunakan sebagai pengganti abu batu pada aspal beton?

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian adalah ``*seberapa besar manfaat Lumpur Lapindo sebagai filler pengganti abu batu pada aspal beton*`` dengan rincian permasalahan sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui nilai optimum variasi komposisi Lumpur Lapindo jika digunakan sebagai pengganti *filler* abu batu.
2. Untuk mengetahui Lumpur Lapindo dapat digunakan sebagai pengganti abu batu pada aspal beton.

1.5 Manfaat Penelitian

Sebagai panduan bagi para pengguna bahan konstruksi khususnya Lumpur Lapindo sebagai filler aspal beton. Dan untuk manfaat yang lebih luas adalah mampu mengoptimalkan dan mendorong pemanfaatan Lumpur Lapindo terbaharukan di Indonesia untuk aplikasi bahan konstruksi teknik selain bahan lempung biasa yang biasanya dipakai untuk bahan batu bata atau Aspal Beton. Sehingga tercipta produk konstruksi teknik yang ramah lingkungan.

1.6 Hipotesis Penelitian

Pada penelitian ini terdapat beberapa yang dihasilkan dari rumusan penelitian, hipotesis tersebut diduga bahwa:

1. Terjadi perubahan yang signifikan pada kekuatan aspal beton disebabkan penggunaan Lumpur Lapindo.
2. Dengan penggunaan variasi komposisi Lumpur Lapindo sebagai pengganti abu batu ini terjadi adanya nilai optimum pada aspal beton.
3. Lumpur Lapindo dapat digunakan sebagai pengganti abu batu pada aspal beton.

1.7 Batasan Masalah

Untuk membatasi penelitian dan memberikan langkah-langkah sistematis, maka lingkup permasalahan dibatasi pada hal-hal sebagai berikut:

1. Menggunakan Lumpur Lapindo dengan presentase 0%, 30%, 40%, 50%, 60% dan pengujian dilakukan dengan menggunakan alat Marshall test.
2. Mencari nilai optimum variasi komposisi Lumpur Lapindo jika digunakan sebagai pengganti abu batu.
3. Aspal yang digunakan adalah aspal keras penetrasi 60/70.
4. Kadar Aspal Optimum 6,0 %.
5. Kadar Filler Abu Batu 6,5 %.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Penelitian terdahulu

1. Penggunaan Lumpur Lapindo Sebagai *Filler* Pada Perkerasan Lentur Jalan Raya (M.Zainul Arifin, 2009). Dari hasil penelitian diperoleh kesimpulan bahwa proporsi *filler* dan Kadar Aspal Optimum (KAO) yang dihasilkan dalam campuran Laston sebesar proporsi 75 *filler* Lumpur Lapindo dan 25 *filler* abu batu dan KAO=7,7%. Sedangkan untuk campuran HRS sebesar = proporsi 25 *filler* Lumpu Lapindo dan 75 *filler* abu batu dan KAO=8,3%.
2. Penggunaan Lumpur Lapindo Sebagai Filler Pada Perkerasan Lentur Jalan Raya (Muhammad Zainul Arifin). Dari hasil akhir diperoleh KAO sebesar 7,7% dan proporsi *filler* 75/25 untuk laston, sedangkan untuk HRS diperoleh KAO 8,3% dan proporsi *filler* optimum 25/75.
3. Perencanaan Campuran Aspal Beton Dengan Menggunakan *Filler* Lumpur Lapindo (Boby Franshen Hosang, 2013). Dari hasil penelitian dengan persentase *filler* Lumpur Lapindo 60%, 75%, 90% diperoleh hasil parameter Stabilitas yang menurun.

2.2 Konstruksi Jalan Raya

Konstruksi perkerasan jalan adalah suatu lapisan agregat yang dipadatkan dengan atau tanpa lapisan pengikat di atas lapisan tanah pada suatu jalur jalan. Apabila konstruksi perkerasan direncanakan menggunakan lapisan pengikat, maka lapisan pengikat yang umum digunakan adalah lapisan aspal atau semen. Dengan adanya konstruksi perkerasan jalan, maka badan jalan akan terlindung dari kerusakan terutama yang disebabkan oleh air dan beban lalu lintas dimana konstruksi perkerasan jalan akan memperkuat daya dukung tanah dasar yang melemah akibat air. Selain itu lapisan-lapisan pada konstruksi perkerasan jalan juga akan membantu lapisan tanah dasar sehingga beban yang diterima lapisan tanah dasar tidak terlalu besar (Silvia Sukirman, 1999:4). Perkerasan jalan merupakan lapisan perkerasan yang terletak di antara lapisan tanah dasar dan roda kendaraan, yang berfungsi memberikan pelayanan kepada sarana transportasi, dan selama masa pelayanannya diharapkan tidak terjadi kerusakan yang berarti. Agar perkerasan jalan yang sesuai dengan mutu yang diharapkan, maka pengetahuan tentang sifat, pengadaan dan pengolahan dari bahan penyusun perkerasan jalan sangat diperlukan (Silvia Sukirman, 2003). Lapisan perkerasan berfungsi untuk menerima dan menyebarkan beban lalu lintas tanpa menimbulkan kerusakan pada konstruksi jalan itu sendiri. Dengan demikian lapisan perkerasan ini memberikan kenyamanan kepada pengguna jalan selama masa pelayanan jalan tersebut.

Dalam perencanaannya, perlu dipertimbangkan beberapa faktor yang dapat mempengaruhi fungsi pelayanan konstruksi perkerasan tersebut, diantaranya fungsi jalan, kinerja perkerasan, umur rencana, lalu lintas yang merupakan beban

dari perkerasan, sifat dasar tanah, kondisi lingkungan, sifat dan material tersedia di lokasi yang akan digunakan untuk perkerasan, dan bentuk geometrik lapisan perkerasan. Fungsi Lapis Perkerasan supaya perkerasan mempunyai daya dukung dan keawetan yang memadai, tetapi tetap ekonomis, maka perkerasan jalan raya dibuat berlapis-lapis. Lapis paling atas disebut sebagai lapis permukaan, merupakan lapisan yang paling baik mutunya. Lapis permukaan itu sendiri masih bisa dibagi lagi menjadi dua lapisan lagi, yaitu:

Perkerasan jalan merupakan lapisan konstruksi yang diletakkan di atas tanah dasar (*subgrade*) yang telah mengalami pemadatan dan mempunyai fungsi untuk mendukung beban lalu lintas yang kemudian menyebarkan ke badan jalan supaya tanah dasar tidak menerima beban yang lebih besar dari daya dukung tanah yang diijinkan. Tujuan dari pembuatan lapis perkerasan jalan adalah agar dicapai suatu kekuatan tertentu sehingga mampu mendukung beban lalu lintas dan dapat menyalurkan serta menyebarkan beban roda – roda kendaraan yang diterima ke tanah dasar (Silvia Sukirman, 1992). *Asphalt concrete* salah satu jenis perkerasan lentur yang umum digunakan di Indonesia, merupakan suatu lapisan pada jalan raya yang terdiri dari campuran aspal keras dan agregat yang bergradasi menerus dicampur, dihamparkan dan dipadatkan dalam keadaan panas pada suhu tertentu.

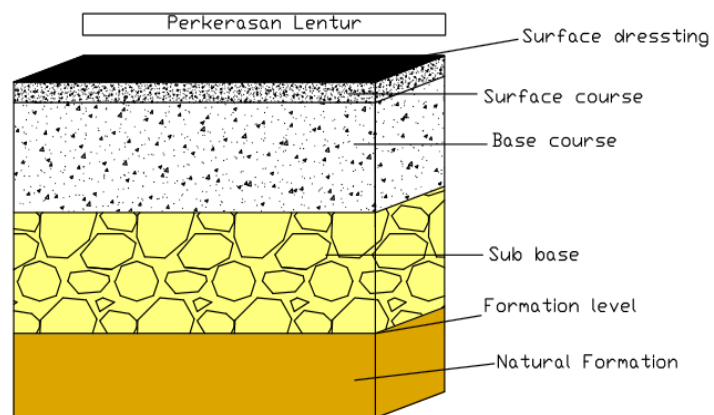
Pembuatan Lapis Aspal Beton (LASTON) dimaksudkan untuk mendapatkan suatu lapisan permukaan atau lapis antara (*binder*) pada perkerasan jalan yang mampu memberikan sumbangan daya dukung yang terukur serta berfungsi sebagai lapisan kedap air yang dapat melindungi konstruksi dibawahnya (Bina

Marga, 1987). Umur pelayanan perkerasan beraspal tergantung pada beberapa faktor antara lain jumlah dan berat beban lalu lintas, cuaca, kualitas material, kekuatan sub grade, drainase serta kualitas struktur lapis keras itu sendiri. Pemeliharaan yang tepat pada waktunya akan dapat memperpanjang umur pelayanan lapis keras.

2.3 Jenis dan Fungsi Lapisan Konstruksi Perkerasan Jalan

Secara umum susunan perkerasan Jalan terdiri dari:

2.3.1. Perkerasan Lentur (*Fleksibel Pavement*)



Gambar 2.a Lapisan Perkerasaan Jalan Lentur

Perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat lapisan-lapisan perkerasan bersifat memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar.

2.3.1.1 Lapisan Permukaan (*Surface Course*)

Lapisan Permukaan bagian yang terletak paling atas dari perkerasan jalan yang mendapat pembebanan paling besar dari beban-beban lalu lintas yang lewat di atasnya, dan berfungsi sebagai:

1. Lapis perkerasan penahanbeban roda, lapisan yang mempunyai stabilitas tinggi untuk menahan beban roda.
2. Lapis kedap air, untuk menahan air hujan yang jatuh di atasnya sehingga tidak dapat meresap ke dalam lapisan dibawahnya yang mengakibatkan proses oksidasi sehingga melemahkan lapisan-lapisan tersebut.
3. Lapis aus, lapisan yang langsung mendapat gesekan akibat rem kendaraan sehingga mudah menjadi aus.
4. Lapis yang menyebarkan beban ke lapisan bawah, mendapat pikulan lapis lain yang mempunyai daya dukung yang lebih rendah.

Guna dapat memenuhi fungsi perkerasan jalan, pada umumnya lapisan permukaan dibuat menggunakan pengikat aspal sehingga menghasilkan lapisan kedap air dengan stabilitas yang tinggi dan daya tahan yang lama.

2.3.1.2 Lapisan Pondasi Atas (*Base Course*)

Lapisan pondasi atas bagian perkerasan yang terletak di antara lapisan permukaan dan lapisan pondasi bawah dan berfungsi sebagai:

- 1 Bagian perkerasan yang menahan gaya lintang dari beban roda dan menyebarkan ke lapisan di bagian bawahnya, mempunyai nilai CBR $> 50\%$, PI $< 4\%$
- 2 Lapisan persiapan untuk lapisan pondasi bawah
- 3 Bantalan untuk lapisan permukaan

2.3.1.3 Lapisan Pondasi Bawah (*Sub Base*)

Struktur perkerasan lentur jalan sudah pasti harus mempunyai jenis lapisan yang disebut lapisan pondasi bawah yang terletak diantara lapisan pondasi dan tanah dasar yang berfungsi sebagai :

1. Bagian dari perkerasan jalan untuk menyebarkan beban roda ke tanah dasar lapisan ini harus kuat, mempunyai CBR 20% plastisitas indeks (PI) $\leq 10\%$.
2. Lapis peresapan, agar air tanah tidak terkumpul di pondasi.
3. Lapisan untuk mencegah partikel-partikel halus dari tanah dasar naik ke lapisan pondasi atas.

2.3.1.4 Lapisan tanah dasar (subgrade)

Lapisan tanah dasar dapat berupa tanah asli yang di padatkan jika tanah aslinya baik, tanah yang digunakan dari tempat lain dan tanah yang

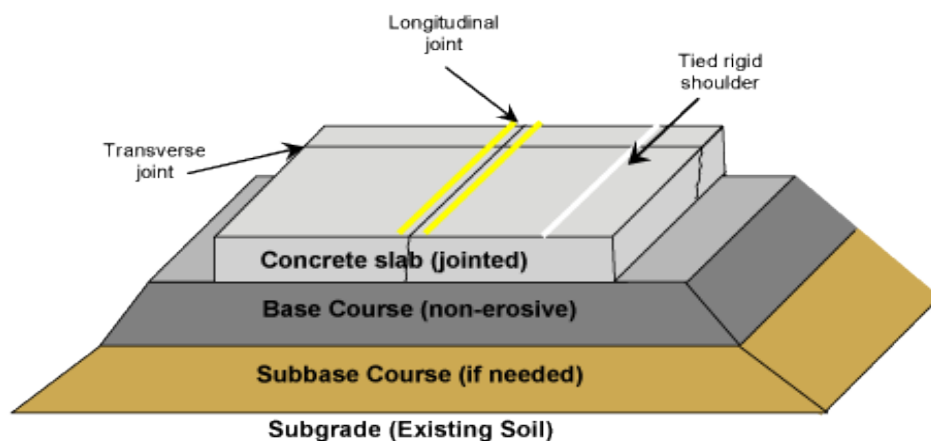
distabilisasi dengan kapur atau bahan lainnya. Pemadatan yang baik diperoleh jika dilakukan pada kadar air optimum dan kadar air tersebut konstan selama umur rencana

Ditinjau dari muka tanah asli, maka lapisan tanah dasar dibedakan:

1. Lapisan tanah dasar dan tanah galian.
2. Lapisan tanah galian dan tanah timbunan
3. Lapisan tanah dasar dan tanah asli

Sebelum diletakkan lapisan-lapisan lainnya, tanah dasar dipadatkan terlebih dahulu sehingga tercapai kestabilan yang tinggi terhadap perubahan volume.

2.3.2 Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)



Gambar 2.b Lapisan Perkerasan Kaku

Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*) suatu susunan konstruksi perkerasan di mana sebagai lapisan atas digunakan pelat beton yang terletak di

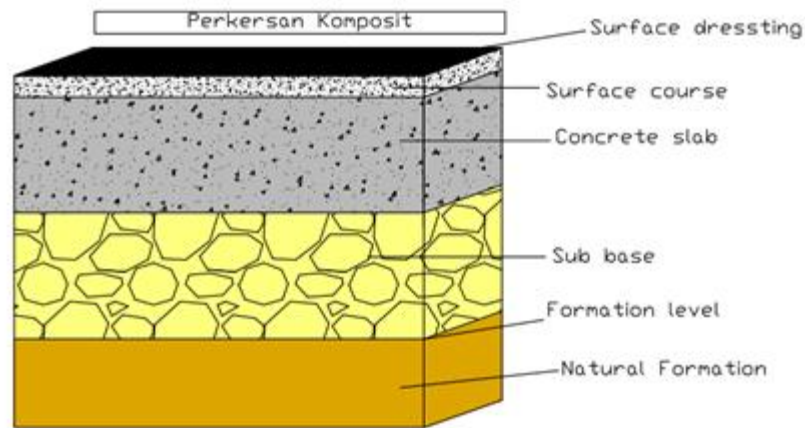
atas pondasi atau di atas tanah dasar pondasi atau langsung di atas tanah dasar (subgrade). sebagai bahan pengikat. Pelat beton tanpa tulangan diletakkan diatas tanah dasar dengan lapisan pondasi bawah. Beban lalu lintas dipikul pelat beton.

2.3.2.1 Jenis-Jenis Perkerasan Kaku

Berdasarkan adanya sambungan dan tulangan plat beton perkerasan kaku, perkerasan beton semen dapat diklasifikasikan menjadi 3 jenis sebagai berikut :

1. Perkerasan beton semen biasa dengan sambungan tanpa tulangan untuk kendali retak.
2. Perkerasan beton semen biasa dengan sambungan dengan tulangan plat untuk kendali retak. Untuk kendali retak digunakan wire mesh diantara siar dan penggunaannya independen terhadap adanya tulangan dowel.
3. Perkerasan beton bertulang menerus (tanpa sambungan). Tulangan beton terdiri dari baja tulangan dengan prosentasi besi yang relatif cukup banyak (0,02 % dari luas penampang beton).

2.3.3 Perkerasan Komposit (*Composit Pavement*)



Gambar 2.c Lapisan Perkerasaan Komposit

Perkerasan yang dikombinasikan dengan perkerasan lentur dapat berupa perkerasan lentur diatas perkerasan kaku perkerasan kaku di atas perkerasan lentur.

Campuran Aspal Concrete (AC) dan Wearing Course (WC) merupakan salah satu jenis aspal beton campuran (*hot mx*) yang termasuk dalam jenis perkerasan lentur (*flexible pavement*)

2.4. Kontruksi Perkerasan Lentur

Konstruksi perkerasan lentur adalah perkerasan yang terdiri dari beberapa lapisan bahan yang diletakkan diatas tanah dasar atau badan jalan yang di padatkan dan kedudukan stabil, oleh karena itu perkerasan lentur harus dapat memenuhi syarat-syarat sebagai berikut:

a. Syarat-syarat Jalan Raya

Perkerasan lentur dipandang dari keamanan dan kenyamanan berlalu lintas haruslah memenuhi syarat-syarat sebagai berikut:

- a. Permukaan yang rata, tidak bergelombang, tidak melendut dan tidak berlubang.
- b. Permukaan cukup kaku sehingga tidak mudah berubah bentuk akibat beban yang bekerja di atasnya.
- c. Permukaan cukup kesat, memberikan gesekan yang baik antara ban dengan permukaan jalan sehingga tidak mudah terjadi selip.
- d. Permukaan tidak mengkilap, tidak silau jika terkena pantulan sinar matahari.

b. Syarat-syarat Kekuatan atau Sruktural.

Perkerasan jalan di lihat dari segi kemampuan memikul dan menyebarkan beban haruslah memenuhi syarat-syarat sebagai berikut:

- a. Ketebalan yang cukup sehingga mampu menyebarkan bahan atau muatan lalu lintas ke tanah dasar.
- b. Kedap terhadap air, sehingga air tidak mudah meresap ke lapisan dibawahnya.

Permukaan mudah mengalirkan air, sehingga air hujan yang jatuh diatasnya dapat cepat mengalirkan.

- c. Kekuatan untuk memikul beban yang bekerja tanpa menimbulkan deformasi yang berarti.

Haruslah memenuhi syarat-syarat di atas, perencanaan dan pelaksanaan perkerasan jalan lentur mencakup:

1. Perencanaan tebal masing-masing perkerasan
2. Analisa campuran bahan
3. Pengawas pelaksanaan pekerjaan

2.5 Lapisan Permukaan

2.5.1 Lapisan Beton Aspal (*Asphalt Concrete*)

Aspal beton adalah jenis perkerasan jalan yang terdiri dari campuran agregat dan aspal, dengan atau tanpa bahan tambahan. Lapisaspal beton merupakan jenis tertinggi dari perkerasan yang merupakan campuran dari bitumen dengan agregat bergradasi menerus dan cocok untuk jalan yang banyak dilalui kendaraan berat.

Material-material pembentuk aspal beton dicampur dan di instalasi pencampur pada suhu tertentu, kemudian diangkut ke lokasi, dihamparkan, dan dipadatkan. Suhu pencampuran ditentukan berdasarkan jenis aspal yang akan digunakan. Jika digunakan semen aspal, maka suhu pencampuran umumnya antara 145°-155° C, sehingga disebut aspal beton campuran panas. Campuran ini dikenal juga dengan nama *hotmix*.

Ada beberapa jenis beton aspal campuran panas, namun dalam penelitian ini jenis beton aspal campuran panas yang ditinjau adalah AC-WC. Tebal nominal minimum Laston 4 – 6cm sesuai fungsinya laston mempunyai 3 macam campuran :

- a. Laston sebagai lapisan aus, dikenal dengan nama *AC-WC (Asphalt Concrete - Wearing Course)*. Tebal minimum *AC-WC* = 4cm.
- b. Laston sebagai lapisan pengikat, dikenal dengan nama *AC-BC (Asphalt Concrete - Binder Course)*. Tebal nominal minimum *AC-BC* = 5cm.
- c. Laston sebagai lapisan pondasi, dikenal dengan nama *AC-Base (Asphalt Concrete- Base)*. Tebal nominal minimum *AC-Base* = 6cm.

Aspal beton harus memiliki karakteristik dalam pencampuran yaitu stabilitas, keawetan atau *durabilitas*, kelenturan atau *fleksibilitas*, ketahanan terhadap kelelahan (*fatigue resistance*), kekesatan permukaan atau ketahanan geser, kedap air, dan kemudahan pelaksanaan. Ketujuh sifat aspal beton ini tidak mungkin dapat dipenuhi sekaligus oleh satu jenis campuran.

Untuk uraian dari ketujuh karakteristik aspal beton yang harus dimiliki, yaitu:

1. Stabilitas (*Stability*)

Stabilitas merupakan suatu kemampuan perkerasan jalan menerima beban lalu lintas tanpa mengalami perubahan bentuk tetap (*Deformation permanent*), seperti gelombang, alur, dan *bleeding*. Kebutuhan akan stabilitas sebanding dengan fungsi jalan dan beban lalu lintas yang akan dilayan. Jalan yang melayani volume lalu lintas tinggi dan dominan terdiri dari kendaraan berat, membutuhkan perkerasan jalan yang diperuntukkan untuk melayani lalu lintas kendaraan ringan tentu tidak perlu mempunyai nilai stabilitas yang tinggi.

2. Durabilitas (*Durability*)

Durabilitas adalah kemampuan beton aspal menerima beban lalu lintas seperti berat kendaraan dan gesekan antara roda kendaraan dan permukaan jalan, serta menahan keausan akibat pengaruh cuaca dan iklim, air, atau perubahan temperature. Durabilitas beton aspal dipengaruhi oleh tebalnya film atau selimut aspal, banyaknya pori dalam pencampuran, kepadatan dan kedap airnya campuran. Selimut aspal yang tebal akan membungkus agregat secara baik, beton aspal akan lebih kedap air, sehingga kemampuannya menahan keausan semakin baik. Tetapi semakin tebal selimut aspal, maka semakin mudah terjadi *bleeding* yang akan mengakibatkan jalan semakin licin. Besarnya pori yang tersisa dalam campuran setelah pemadatan, mengakibatkan durabilitas beton aspal menurun. Semakin besar pori yang tersisa akan semakin tidak kedap air dan semakin banyak udara didalam beton aspal, yang menyebabkan semakin mudahnya selimut aspal beroksidasi dengan udara dan menjadi getas, dan durabilitasnya menurun.

3. Fleksibilitas (*Flexibility*)

Fleksibilitas merupakan kemampuan beton aspal untuk menyesuaikan diri akibat penurunan (*konsolidasi/settlement*) dan pergerakan dari pondasi atau tanah dasar, tanpa terjadi retak. Penurunan akibat dari repitisi beban lalu lintas, ataupun penurunan akibat berat sendiri tanah timbunan yang dibuat di atas tanah asli. Fleksibilitas dapat ditingkatkan dengan

mempergunakan agregat bergradasi terbuka dengan kadar aspal yang tinggi.

4. Kekesatan (*Skid Resistance*)

Kekesatan merupakan kemampuan permukaan beton aspal terutama pada kondisi basah, memberikan gaya gesek pada roda kendaraan sehingga kendaraan tidak tergelincir, ataupun slip. Faktor-faktor untuk mendapatkan kekesatan jalan sama dengan mendapatkan stabilitas yang tinggi, yaitu kekerasan permukaan dari butir-butir agregat, luas bidang kontak antar butir atau bentuk butir, gradasi agregat, kepatan campuran, dan tebal film aspal. Ukuran maksimum butir agregat ikut menentukan kekesatan permukaan. Dalam hal ini agregat yang digunakan tidak saja harus mempunyai permukaan yang kasar, tetapi juga mempunyai daya tahan untuk permukaan tidak mudah menjadi licin akibat repitisi kendaraan.

5. Ketahanan terhadap kelelahan (*Fatigue Resistance*)

Kemarin beton aspal menerima lendutan berulang akibat repitisi beban, tanpa terjadinya berupa alur dan retak.

6. Kedap air (*Impermeabilitas*)

Kemampuan beton aspal untuk tidak dapat dimasuki air ataupun udara kedalam lapisan beton aspal. Air dan udara dapat mengakibatkan percepatan proses penuaan aspal, dan pengelupasan film/selimut aspal dari permukaan agregat. Jumlah pori yang tersisa setelah beton aspal dipadatkan dapat menjadi indikator kedap air campuran. Tingkat

impermeabilitas beton aspal berbanding terbalik dengan tingkat durabilitasnya.

7. Kemudahan Pengerjaan (*Workability*)

Kemampuan campuran beton aspal untuk mudah dihamparkan dan dipadatkan. Tingkat kemudahan dalam pelaksanaan, menentukan tingkat efisiensi pekerjaan. Faktor yang mempengaruhi tingkat kemudahan dalam proses aspal terhadap perubahan temperature, dan gradasi serta kondisi agregat.

Sifat-sifat aspal beton mana yang dominan lebih diinginkan, akan menentukan jenis aspal beton yang dipilih. Hal ini sangat perlu di perhatikan ketika merancang tebal perkerasan jalan. Jalan yang melayani lalu lintas ringan, seperti mobil penumpang, sepantasnya lebih memilih jenis aspal beton yang mempunyai sifat *durabilitas* dan *fleksibilitas* yang tinggi, daripada memilih jenis aspal beton dengan stabilitas tinggi.

2.5.2 Klasifikasi Aspal Beton

A. Berdasarkan fungsi aspal beton campuran panas dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

1. Sebagai Lapis permukaan yang tahan terhadap cuaca, gaya geser, dan tekanan roda serta memberikan lapis kedap air yang dapat melindungi lapis di bawahnya dari rembesan air.
2. Sebagai lapis pondasi atas.
3. Sebagai lapis pembentuk pondasi, jika dipergunakan pada pekerjaan peningkatan atau pemeliharaan.

Sesuai dengan fungsinya maka lapis aspal beton mempunyai kandungan agregat dan aspal yang berbeda. Sebagai lapis aus, maka kadar aspal yang dikandungnya haruslah cukup sehingga dapat memberikan lapis yang kedap air. Agregat yang dipergunakan lebih halus dibandingkan dengan aspal beton yang berfungsi sebagai lapis pondasi.

B. Berdasarkan metode pencampurannya, aspal beton dapat dibedakan atas :

1. Aspal beton Amerika, yang bersumber kepada Asphalt Institut.
2. Asphalt beton Durabilitas tinggi, yang bersumber pada BS 594, Inggris, dan dikembangkan oleh CQCMU, Bina Marga, Indonesia.

2.6 Material penyusun Aspal Beton (*Asphalt Concrete*)

2.6.1 Agregat kasar

Fraksi Agregat kasar untuk rancangan adalah yang tertahan saringan No. 4 (4,75 mm) dan haruslah bersih, awet dan bebas dari lempung atau bahan yang tidak dikehendaki lainya dan memenuhi persyaratan pada tabel 2.1. fraksi agregat kasar untuk keperluan pengujian harus terdiri atas batu pecah atau kerikil pecah dan harus disediakan dalam ukuran-ukuran normal. Agregat kasar ini menjadikan perkerasan lebih stabil dan mempunyai ketahanan terhadap slip (*skid resistance*) yang tinggi sehingga menjamin keamanan lalu lintas.

Agregat kasar yang mempunyai bentuk butiran yang bulat memudahkan proses pemadatan tetapi rendah stabilitasnya, sedangkan yang berbentuk menyudut angular (*angular*) sulit dipadatkan tetapi mempunyai stabilitas tinggi.

Agregat kasar harus mempunyai ketahanan terhadap abrasi bila digunakan sebagai campuran wearing course, untuk itu nilai los angles abrasion test harus dipenuhi.

2.6.2 Agregat Sedang

Agregat sedang ukuran 05 -10 mm (mili meter) atau disebut juga dengan batu split ukuran 3/8 cm (centi meter). Material batu split jenis ini banyak digunakan untuk campuran dalam proses pengaspalan jalan, mulai dari jalan yang ringan sampai kelas 1. Batu split jenis ukuran ini akan dicampur dengan aspal menjadi Aspal Mixed Plant atau disebut juga dengan Aspal Hot Mixed.

2.6.3 Agregat halus

Agregat halus adalah agregat dengan ukuran butir lebih kecil dari saringan no.8 (2,36 mm). Agregat dapat meningkatkan stabilitas campuran dengan penguncian antara butiran, agregat halus juga mengisi ruang antar butir. Bahan ini dapat terdiri dari butir-butiran batu pecah atau pasir alam atau campuran dari keduanya.

2.6.4 Filler

Filler adalah material yang sangat halus, minimum 75% yang lolos saringan No.200 (0,074). Pada prakteknya fungsi *filler* adalah untuk meningkatkan viskositas dari aspal dan mengaruhi kepekaan terhadap temperatur, meningkatkan komposisi filler dalam campuran dapat meningkatkan stabilitas campuran tetapi menurunkan kadar *air void* (rongga udara).

Demikian komposisi filler dalam campuran tetap dibatasi yaitu sebesar 4-10% dari berat aspal beton jadi, karena terlalu tinggi kadar filler dalam campuran akan mengakibatkan campuran getas (*brittle*) dan akan retak (*crack*) ketika menerima beban lalu lintas. Akan tetapi terlalu rendah kadar filler akan mengakibatkan campuran terlalu lunak pada saat cuaca panas.

Adapun karakteristik yang harus dimiliki oleh material filler (Sheheard P.B) yaitu :

1. Tidak reaktif atau mengurangi saat dicampur dengan aspal
2. Tidak larut dalam air
3. Tidak hygroskopik
4. Berwarna gelap, untuk menghindari masuknya matahari karena masuknya matahari dapat mempercepat proses oksidasi aspal.
5. Tidak hancur saat proses pencampuran dan selama umur pelayanan.

Tabel.2.1 Gradasi Bahan Pengisi / *Filler*

Ukuran Saringan	Prosentase Lolos
No.30 (0,590 mm)	100
No.50 (0,279 mm)	95-100
No.100 (0,149)	90-100
No.200 (0,074)	65-100

(Sumber: Petunjuk Pelaksanaan Lapis Aspal Beton (Laston))

2.7 Karakteristik Lumpur Lapindo

Dari hasil penelitian sebelumnya yang telah dilakukan oleh berbagai pakar, didapatkan bahwa lumpur Porong Lapindo ini memiliki kandungan seperti mangan, natrium, besi (terlarut dalam 0.1N) chlor, Aluminium, Boron, Bzrium, Timbale, Raksa (2,565mg/liter Hg, baku mutunya 0.002mg/1Hg), BOD dan COD, serta kandungan minyak dan lemak yang cukup tinggi sehingga berbahaya bila langsung dibuang ke sungai atau laut.

Tabel 2.2 Kandungan kimia Lumpur Lapindo

Materi al	Kandungan Kimia (%)										
Nama Materi al	SiO ₂	CaO	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	TiO ₂	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	SO ₂	SO ₃	Hilang Pijar
Lumpur Lapindo	53,1	2,07	5,6	18,3	0,57	2,89	2,97	1,44	2,96	-	10,2

Sumber :M. Zainul Arifin, 2009

Berikut merupakan hasil uji tanah lumpur Lapindo yang telah dilakukan oleh penelitian sebelumnya:

Tabel 2.3 Tekstur Tanah Lumpur Lapindo Sidoarjo

Tekstur Tanah	Presentase
Sand(pasir)	11,20%
Silt(debu)	59,36%
Clay(lempung)	29,44%

Sumber :*M. Zainul Arifin, 2009*

Berdasarkan kajian singkat yang dilakukan oleh Imamanto, E.I. (2008), lumpur Lapindo memiliki specific gravity (Gs) 2,52 dan indeks plastis (PI) sebesar 25.55% dan dari pengujian 500 gram lumpur Lapindo Berat kering mengandung 8,22% kerikil, 19,24 pasir, 72,54% lempung.

2.8 Gradasi Agregat

Gradasi merupakan hal yang penting dalam menentukan stabilitas perkerasan. Gradasi agregat biasanya mempengaruhi besarnya rongga antar butir yang akan menentukan stabilitas dan kemudahan dalam proses pelaksanaan. Gradasi agregat diperoleh dari hasil analisa saringan dengan menggunakan 1 set saringan dimana saringan yang paling kasar diletakkan diatas dan yang paling halus terletak paling bawah. 1 set saringan dimulai dari pan dan diakhiri dengan tutup. Gradasi agregat dibedakan atas :

a. Gradasi seragam (*uniform graded*)

Gradasi seragam adalah gradasi agregat dengan ukuran yang hampir sama. Gradasi seragam disebut juga gradasi terbuka (*open graded*) karena hanya mengandung sedikit agregat halus sehingga terdapat banyak rongga atau ruang kosong antar agregat. Campuran beraspal yang dibuat dengan gradasi ini bersifat porus atau memiliki permeabilitas yang tinggi, stabilitas yang rendah dan memiliki berat isi yang kecil.

b. Gradasi rapat (*Dense graded*)

Gradasi rapat adalah gradasi agregat dimana terdapat butiran dari agregat kasar sampai halus dalam porsi yang seimbang, sehingga sering disebut gradasi menerus atau gradasi baik (*well graded*). Agregat dikatakan bergradasi baik jika persen yang lolos setiap lapis dari sebuah gradasi memenuhi:

$$P = 100 (d/D)^{0.4}$$

Dimana:

P = Persen lolos saringan dengan bukaan d mm

d = Ukuran agregat yang sedang diperhitungkan

D = Ukuran maksimum partikel dalam gradasi terbuka

Agregat dengan gradasi rapat akan menghasilkan lapisan perkerasan dengan stabilitas yang tinggi, kurang kedap air, sifat drainase jelek dan berat volume besar.

c. Gradasi senjang (*Gap graded*)

Gradasi senjang adalah gradasi agregat dimana ukuran agregat yang ada tidak lengkap atau ada fraksi agregat yang tidak ada atau jumlahnya sedikit sekali. Agregat dengan gradasi senjang akan menghasilkan lapisan perkerasan yang mutunya terletak antara agregat bergradasi seragam dan agregat bergradasi rapat. Gradasi agregat yang ditentukan pada Spesifikasi Bina Marga 2010 diperlihatkan pada tabel 2.4.

Tabel 2.4 Gradasi agregat untuk campuran aspal

Ukuran Ayakan (mm)	% Berat yang lolos terhadap total agregat dalam campuran laston (AC)					
	Gradasi Halus			Gradasi Kasar		
	WC	BC	AC-BASE	WC	BC	AC-BASE
37,5	-	-	100	-	-	100
25	-	-	90-100	-	100	90-100
19	100	100	73-100	100	90-100	73-90
12,5	90-100	90-100	61-79	90-100	71-90	55-76
9,5	72-90	74-90	47-67	72-90	58-80	45-66
4,75	54-69	64-82	39,5-50	43-63	37-56	28-39,5
2,36	39,1-53	34,6-49	30,8-37	28-39,1	23-34,6	19-26,8
1,18	31,6-40	28,3-38	24,1-28	19-25,6	15-22,3	12-18,1
0,6	23,1-30	20,7-28	17,6-22	13-19,1	10-16,7	7-13,6
0,3	15,5-22	13,7-20	11,4-16	9-15,5	7-13,7	5-11,4
0,15	915	413	410	613	511	4,5-9
0,075	410	48	36	410	48	37

(Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga Divisi 6 Perkerasan Jalan).

2.8.1 Spesifikasi gradasi agregat lapis AC-WC

Sifat agregat menentukan kualitasnya sebagai bahan material perkerasan jalan, dimana agregat itu sendiri merupakan bahan yang kaku dan keras. Agregat dengan kualitas dan mutu yang baik dibutuhkan untuk lapisan permukaan yang

langsung memikul beban lalu lintas dan menyebarkannya ke lapisan dibawahnya.
(Silvia Sukirman, 2012).

Sifat agregat yang menentukan kualitasnya sebagai bahan konstruksi perkerasan jalan dapat dikelompokkan menjadi :

1. Kekuatan dan keawetan yang dipengaruhi oleh:

- Gradasi
- Ukuran maksimum
- Kadar lempung
- Kekerasan dan ketahanan
- Bentuk butir
- Tekstur permukaan

2. Kemampuan yang dilapisi dengan aspal yang baik dipengaruhi oleh:

- Porositas
- Kemungkinan basah
- Jenis agregat

3. Kemudahan dalam pelaksanaan dan menghasilkan lapisan yang nyaman dan aman yang dipengaruhi oleh:

- Tahan geser
- Campuran yang memberikan kemudahan dalam pelaksanaan

Pada campuran asphalt concrete yang bergradasi menerus tersebut mempunyai sedikit rongga dalam struktur agregatnya dibandingkan dengan campuran bergradasi senjang. Hal tersebut menyebabkan campuran AC-WC lebih peka terhadap variasi dalam proporsi campuran. Gradasi agregat gabungan untuk

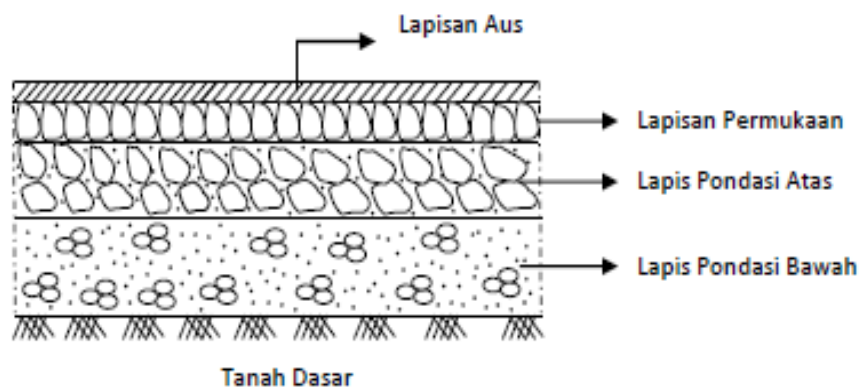
campuran AC-WC yang mempunyai gradasi menrus tersebut ditunjukkan dalam persen berat agregat.

2.8.2 Campuran Aspal AC-WC (*Asphalt Concrete - Wearing Course*)

Salah satu produk campuran aspal yang kini banyak digunakan oleh Departemen Pekerjaan umum adalah AC-WC (*Asphalt Concrete – Wearing Course*) / Lapis Aus Aspal Beton. AC-WC adalah salah satu dari tiga macam campuran lapis aspal beton yaitu AC-WC, AC-BC dan AC-Base. Ketiga jenis Laston tersebut merupakan konsep spesifikasi campuran beraspal yang telah disempurnakan oleh Bina Marga bersama-sama dengan Pusat Litbang Jalan.

Fungsi dari lapis aus adalah:

- Menyediakan permukaan kesat dan tahan lama.
- Melindungi perkerasan dari pengaruh cuaca.
- Menahan pengaruh abrasi dan tegangan dari beban lalu lintas.
- Menyediakan permukaan jalan yang rata dan nyaman.



Gambar 2.d Lapis Aus AC-WC

Penggunaan AC-WC yaitu untuk lapis permukaan (paling atas) dalam perkerasan dan mempunyai tekstur yang paling halus dibandingkan dengan jenis laston lainnya. Pada campuran laston yang bergradasi menerus tersebut mempunyai sedikit rongga dalam struktur agregatnya, Hal tersebut menyebabkan campuran

AC-WC lebih peka terhadap variasi dalam proporsi campuran.

Tabel 2.5 Ketentuan Spesifikasi Aspal

		Penetrasi perbandingan		Penetrasi yang digunakan		Penetrasi perbandingan		
No.	Jenis	Pen 40/50		Pen 60/70		Pen 80/100		Satuan
	Pemeriksaan	Min	Max	Min	Max	Min	Max	
1.	Penetrasi 25°C, 100 gr, 5 det.	40	50	60	70	80	99	0.1 mm
2.	Titik lembek (Ring and Ball)	51	63	48	58	46	54	°X
3.	Titik Nyala (Cleveland open cup)	232	-	232	-	232	-	°X
4.	Kehilangan Berat (Thick film Oven Test)	-	0.4	-	0.4	-	0.4	% berat
5.	Kelarutan dalam CCl ₄	99	-	99	-	99	-	% berat
6.	Daktilitas	100	-	100	-	100	-	Cm

		Penetrasi perbandingan		Penetrasi yang digunakan		Penetrasi perbandingan		
No.	Jenis	Pen 40/50		Pen 60/70		Pen 80/100		Satuan
	Pemeriksaan	Min	Max	Min	Max	Min	Max	
7.	Penetrasi setelah kehilangan berat	75	-	75	-	75	-	% semula
8.	Berat Jenis 25°C	1	-	1	-	1	-	

2.9 Metode Karakteristik Marshall

Konsep dasar dari metode Marshall dalam campuran aspal dikembangkan oleh Bruce Marshall, seorang insinyur bahan aspal bersama-sama dengan *The Mississippi State Highway Department*. Kemudian *The U.S. Army Corp of Engineers*, melanjutkan penelitian secara intensif dan mempelajari hal-hal yang ada kaitannya, selanjutnya meningkatkan dan menambah kelengkapan pada prosedur pengujian Marshall dan pada akhirnya mengembangkan kriteria rancangan campuran pengujiannya dan distandarisasikan didalam *American Society for Testing and Material* 1989 (ASTM d-1559).

Prinsip dasar metode Marshall adalah pemeriksaan stabilitas dan kelelahan (flow), serta analisis kepadatan dan pori dari campuran padat yang terbentuk. Alat Marshall merupakan alat tekan yang dilengkapi dengan proving ring (cincin penguji) berkapasitas 22,2 KN (5000 lbs) dan flowmeter. Proving ring digunakan untuk mengukur nilai *stabilitas*, dan flowmeter untuk mengukur kelelahan plastis atau *flow*. Benda uji Marshall berbentuk silinder berdiameter 4 inchi (10,2 cm)

dan tinggi 2,5 inchi (6,35 cm). Prosedur pengujian Marshall mengikuti SNI 06-2489-1991, atau AASHTO T 245-90, atau ASTM D 1559-76.

Secara garis besar pengujian Marshall meliputi :

1. Persiapan benda uji
2. Penentuan berat jenis bulk dari benda uji
3. Pemeriksaan nilai stabilitas dan flow
4. Pemeriksaan volume benda uji

Pada persiapan benda uji, ada beberapa hal yang harus diperhatikan antara lain :

1. Jumlah benda uji yang harus dipersiapkan
2. Persiapan agregat yang harus digunakan
3. Penentuan temperatur pencampuran dan pemadatan
4. Persiapan campuran aspal beton
5. Pemadatan benda uji
6. Persiapan untuk pengujian Marshall

Jumlah benda uji yang disiapkan ditentukan dari tujuan dilakukannya uji Marshall tersebut. AASHTO menetapkan minimal 3 buah benda uji dari setiap aspal yang digunakan. Agregat yang akan digunakan dalam campuran dikeringkan didalam oven pada temperatur 105-110°C. Setelah dikeringkan agregat dipisahkan sesuai fraksi ukurannya dengan mempergunakan saringan. Temperatur pencampuran bahan aspal dengan agregat adalah temperatur pada aspal mempunyai viskositas kinematis sebesar 170 ± 20 centistokes dan temperatur pemadatan adalah temperatur pada saat aspal mempunyai nilai viskositas

kinematis sebesar 280 ± 30 centistokes. Karena tidak diadakan pengujian viskositas kinematik aspal maka secara umum ditentukan suhu pencampuran berkisar antara 145°C - 150°C , sedangkan suhu pemadatan antara 110°C - 135°C .

Dari persiapan benda uji sampai pemeriksaan dengan alat Marshall diperoleh data sebagai berikut :

1. Kadar aspal, dinyatakan dalam bilangan decimal satu angka dibelakang koma.
2. Berat volume, dinyatakan dalam ton/m³.
3. Stabilitas, dinyatakan dalam bilangan bulat.
4. Kelelehan plastis (*flow*), dinyatakan dalam mm atau 0.01"
5. VIM, persen rongga dalam campuran dinyatakan dalam bilangan decimal satu angka dibelakang koma.
6. VMA, persen rongga dalam agregat dinyatakan dalam bilangan bulat.
7. Marshall *Quotient*, merupakan hasil bagi stabilitas dan *flow* dinyatakan dalam kN/mm.
8. Penyerapan aspal, persen terhadap berat campuran, sehingga diperoleh gambaran berapa kadar aspal efektifnya.
9. Tebal lapisan aspal, dinyatakan dalam mm
10. Kadar aspal efektif, dinyatakan dalam bilangan decimal satu angka dibelakang koma.

2.9.1 Pengujian Marshall

Pengujian uji karakteristik Marshall dimaksudkan dengan tujuan untuk menentukan ketahanan/stabilitas terhadap kelelahan plastis/*flow* dari campuran aspal agregat, kelelahan plastis/*flow* adalah keadaan perubahan bentuk suatu campuran aspal yang terjadi akibat suatu beban sampai batas runtuh yang dinyatakan dalam milimeter atau 0.01 inch. serta analisa kepadatan dan pori dari campuran padat yang terbentuk. Dalam hal ini benda uji atau briket beton aspal padat dibentuk dari gradasi agregat campuran tertentu, sesuai spesifikasi campuran.

Metode Marshall dikembangkan untuk rancangan campuran aspal beton. Sebelum membuat briket campuran aspal beton maka perkiraan kadar aspal optimum dicari dengan menggunakan rumus pendekatan. Setelah menentukan proporsi dari masing-masing fraksi agregat yang tersedia, selanjutnya menentukan kadar aspal total dalam campuran. Kadar aspal total dalam campuran beton aspal adalah kadar aspal efektif yang membungkus atau menyelimuti butir-butir agregat, mengisi pori antara agregat, ditambah dengan kadar aspal yang akan terserap masuk ke dalam pori masing-masing butir agregat. Setelah diketahui estimasi kadar aspalnya maka dapat dibuat benda uji.

Untuk mendapatkan kadar aspal optimum umumnya dibuat 15 buah benda uji dengan 5 variasi kadar aspal yang masing-masing berbeda 0,5%. Sebelum dilakukan pengujian Marshall terhadap briket, maka dicari dulu berat jenisnya dan diukur ketebalan dan diameternya di tiga sisi yang berbeda. Melakukan uji Marshall untuk mendapatkan stabilitas dan kelelahan (flow) benda uji mengikuti

prosedur SNI 06-2489-1991 AASHTO T245-90. Parameter Marshall yang dihitung antara lain: VIM, VMA, VFA, berat volume, dan parameter lain sesuai parameter yang ada pada spesifikasi campuran. Setelah semua parameter briket didapat, maka digambar grafik hubungan kadar aspal dengan parameternya yang kemudian dapat ditentukan kadar aspal optimumnya. Kadar aspal optimum adalah nilai tengah dari rentang kadar aspal yang memenuhi Marshall test modifikasi.

Metode Marshall dikembangkan untuk rancangan campuran beton aspal bergradasi baik. Langkah-langkah rancangan campuran Metode Marshall adalah:

1. Mempelajari spesifikasi gradasi agregat campuran yang diinginkan dari spesifikasi campuran pekerjaan.
2. Merancang proporsi dari masing – masing fraksi agregat yang tersedia untuk mendapatkan agregat campuran dengan gradasi sesuai butir 1. Rancangan dilakukan berdasarkan gradasi dari masing – masing fraksi agregat yang akan dicampur. Berdasarkan berat jenis masing – masing fraksi agregat dan proporsi rancangan ditentukan berat jenis agregat campuran.
3. Menentukan kadar aspal total dalam campuran. Kadar aspal total dalam campuran beton aspal adalah kadar aspal efektif yang membungkus atau menyelimuti butir-butir agregat, mengisi pori antar agregat, ditambah dengan kadar aspal yang akan terserap masuk ke dalam pori masing – masing butir agregat. Untuk rancangan campuran dilaboratorium dipergunakan kadar aspal tengah / ideal. Kadar aspal tengah yaitu nilai tengah dari rentang kadar aspal dalam spesifikasi

campuran. Kadar aspal tengah dapat pula ditentukan dengan mempergunakan rumus dari Spesifikasi Depkimpraswil 2002 dibawah ini:

- P = kadar aspal tengah, persen terhadap berat campuran
- CA = persen agregat tertahan saringan no. 8
- FA = persen agregat lolos saringan no. 8 dan tertahan saringan no. 200
- K = konstanta (0,5-1 untuk laston dan 2-3 untuk lataston)

Kadar aspal yang diperoleh dari rumus diatas kemudian dibulatkan mendekati angka 0,5% terdekat. Contoh, jika kadar aspal adalah 6,3 % maka dibulatkan menjadi 6,5%.

4. Membuat benda uji atau briket beton aspal. Terlebih dahulu disiapkan agregat sesuai dengan jumlah benda uji yang akan dibuat. Untuk mendapatkan Kadar Aspal Optimum (KAO) umumnya dibuat 15 buah benda uji dengan 5 variasi kadar aspal masing – masing berbeda 0,5% dimana 2 variasi kurang dari nilai kadar aspal tengah, dan dua lainnya lebih dari nilai kadar aspal tengah. Contoh, jika nilai kadar aspal tengah adalah 6,5%, maka dibuat variasi campuran 5,5% ; 6% ; 6,5% ; 7% ; 7,5%.
5. Melakukan uji Marshall untuk mendapatkan nilai stabilitas dan kelelahan (flow) mengikuti prosedur SNI 06-2489-1991 atau AASHTO T245-90. Penimbangan dan pengukuran dilakukan terlebih dahulu sebelum uji Marshall dilakukan.

6. Menghitung parameter Marshall yaitu VIM, VMA, VFA, Berat volume, dan parameter lain sesuai spesifikasi campuran. Nilai-nilai tersebut diisikan ke dalam formulir uji Marshall.
7. Gambarkan grafik hubungan antara kadar aspal dengan parameter Marshall.
8. Dari grafik yang telah dibuat, maka ditentukan nilai-nilai yang masuk dalam syarat spesifikasi campuran yang digunakan. Nilai – nilai tersebut kemudian dimasukkan kedalam grafik KAO untuk mendapatkan nilai kadar aspal optimum dan proporsi campuran, yang merupakan rumus campuran hasil perancangan di laboratorium. Rumus ini kemudian disebut DMF (Design Mix Formula).

Langkah- langkah menentukan nilai karakteristik Marshall, dirumuskan sebagai berikut :

1. Stabilitas

Nilai stabilitas benda uji diperoleh dari pembacaan arloji stabilitas pada saat pengujian Marshall. Hasil tersebut dicocokkan dengan angka kalibrasi proving ring dengan satuan lbs atau kilogram, dan masih harus dikoreksi dengan factor koreksi yang dipengaruhi oleh tebal benda uji. Nilai stabilitas sesungguhnya diperoleh dengan rumus

$$S = p \times q$$

Keterangan :

S = angka stabilitas sesungguhnya

P = pembacaan arloji stabilitas x kalibrasi alat

q = angka koreksi benda uji

2. Flow (Kelelahan)

Syarat nilai flow antara 2 - 4 mm. Nilai flow yang rendah akan mengakibatkan campuran menjadi kaku sehingga lapis perkerasan menjadi mudah retak, sedangkan campuran dengan nilai flow tinggi akan menghasilkan lapis perkerasan yang plastis sehingga perkerasan akan mudah mengalami perubahan bentuk seperti gelombang.

3. Rongga diantara mineral agregat (VMA)

Rongga diantara mineral agregat adalah banyaknya pori diantara butir-butir agregat di dalam beton aspal padat, dinyatakan dalam persentase. Nilai VIM dalam persen dapat diperoleh dengan rumus sebagai berikut:

$$VMA = 100 \times \frac{Gmb \times Ps}{Gsb}$$

Keterangan :

VMA = Rongga diantara mineral agregat, persen volume bulk

Gmb = Berat jenis bulk campuran

Gsb= Berat jenis afektif agregat

Ps = Jumlah agregat, % terhadap total berat campuran

4. Pori-pori antar butir agregat didalam aspal padat yang terisi aspal (VFA)

Nilai ini menunjukkan persentase rongga campuran yang berisi aspal, nilainya akan naik berdasarkan naiknya kadar aspal sampai batas tertentu, yaitu pada saat rongga telah penuh.

Nilai rongga terisi aspal (VFA) dapat ditentukan dengan persamaan :

$$VFA = \frac{100x (VMA - VIM)}{VMA}$$

Keterangan :

VFA = Pori antar butir agregat yang terisi aspal % dari VMA

VMA = Pori antara butir agregat didalam beton aspal padat, % dari volume beton bulk aspal padat

VIM = Pori dalam beton aspal padat, % dari volume beton bulk beton aspal padat

5. Rongga di dalam campuran (VIM)

VIM merupakan persentase rongga yang terdapat dalam total campuran. Nilai

VIM dalam persen dapat diperoleh dengan rumus sebagai berikut :

$$VIM = 100 x \frac{G_{mm} x G_{mb}}{G_{mm}}$$

Keterangan :

VIM = Rongga di dalam campuran, persen terhadap volume total campuran

G_{mm} = Berat jenis maksimum campuran

G_{mb} = Berat jenis *bulk* campuran

6. Marshall Quotient

Nilai Marshall Quotient disyaratkan 200 kg/mm sampai 350 kg/mm. Nilai karakteristik marshall diperoleh dengan rumus sebagai berikut :

$$M = S / R$$

Keterangan :

S = Nilai stabilitas

R = Nilai flow

MQ = Nilai Marshall Quotient (kg/mm)

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Operasional Penelitian

Adapun metode yang digunakan dalam penelitian ini dengan mengadakan kegiatan percobaan di laboratorium dengan dasar menggunakan sistem pencampuran aspal panas *Asphalt Concrete - Wearing Course (AC-WC)* dengan panduan *The Asphalt Institute (1997)* yang merupakan dasar dari pembangunan jalan raya dan banyak digunakan oleh Bina Marga. Sedangkan standar-standar pengujian yang digunakan sebagian menggunakan standar yang dikeluarkan oleh *The Asphalt Institute (1997) Superpave Series No.1 (SP-1)* namun sebagian besar mengadopsi dari metode-metode yang disahkan atau distandarkan oleh Bina Marga yang berupa SNI 03-1969-1990 Pengujian Agregat, SNI 03-1737-1989 Pengujian Marshall. Penelitian ini menggunakan filler yakni Lumpur Lapindo untuk campuran pada laston (AC-WC).

3.2 Tempat Penelitian

Pelaksanaan penelitian yang meliputi pemeriksaan mutu bahan-bahan material, komposisi campuran dan pengujian terhadap campuran Lumpur Lapindo pada Lasto (AC-WC), dilakukan di Laboratorium Struktur dan Jalan Raya, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Malang, Jalan Bendungan Sigura-gura No.2 Malang

3.3 Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian dibuat untuk menyusun penelitian yang akan dilakukan sehingga dalam pelaksanaan penelitian nantinya dapat terarah sesuai dengan apa yang telah direncanakan. Rancangan penelitian dibagi menjadi dua yakni:

a. Studi pustaka

Studi pustaka bertujuan untuk mengkaji hubungan antara variabel-variabel yang akan diteliti dengan mempelajari teori-teori yang ada untuk dirumuskan menjadi hipotesis penelitian yang merupakan kesimpulan sementara.

b. Studi eksperimen

Studi eksperimen dilakukan di laboratorium bertujuan untuk mendapatkan data-data yang diperlukan. Setelah data tersebut di analisa secara statistik, kemudian dipergunakan untuk menguji hipotesis sehingga didapat kesimpulan akhir.

3.4 Persiapan penelitian

3.4.1 Persiapan Benda Uji

Untuk mendapatkan bahan-bahan yang sesuai dengan persyaratan maka diperlukan pemeriksaan material terlebih dahulu. Lumpur Lapindo adalah salah satu bahan pokok dalam percampuran laston (AC-WC). Penggunaan bahan material berupa aspal dan agregat yang bermutu baik dan spesifikasinya sangat mempengaruhi sifat-sifat campuran yang akan dihasilkan. Untuk mendapatkan

kadar aspal yang optimum yaitu dengan membuat benda uji dengan cara memvariasikan kadar aspal, untuk masing-masing variasi dibuat benda uji sebanyak 5 buah. Setelah mendapatkan kadar aspal optimum kemudian membuat benda uji dengan cara memvariasikan kadar filler mulai 0%, 30%, 40%, 50% ,60% Berdasarkan persyaratan dan spesifikasi yang telah ditentukan. Untuk masing-masing variasi dibuat benda uji sebanyak 5 buah.

3.4.2 Persiapan Peralatan

Dalam Pengujian Bahan-bahan material dan alat-alat yang dipergunakan adalah :

Tabel 3.1 Peralatan Pengujian Aspal

NO	PEMERIKSAAN	NAMA ALAT / PERALATAN
1.	Penetrasi Bahan-bahan Bitumen. (AASHTO T-49-80)(ASTM D-5-71)	Alat penetrasi, Pemegang jarum, Pemberat jarum penetrasi, Cawan, Bak peredam, Tempat air, Pengukur waktu, Termometer.
2.	Titik Nyala Dan Titik Bakar (AASHTO T-48-81)(ASTM D-92-52)	Cawan Kuningan, Termometer, Nyala Penguji, Pemanas, Stopwatch, Penahan angin.
3.	Titik Lembek Aspal (AASHTO T-53-89)	Cincin Kuningan, Bola Baja, Dudukan benda Uji, Bejana Gelas Tahan pansa, Termometer, Penjepit, Es Batu.
4.	Daktilisasi Bahan-bahan Bitumen (AASHTO T-51-81)	Termometer, Cetakan daktalitas kuningan, Bak peredam mesin uji, Methyl alcohol, Sodium klorida.
5.	Berat Jenis Bitumen Keras (AASHTO T-226-79)	Termometer, Bak Peredam, Piknometer, Air Suling, Bejana Gelas, Timbangan.

Sumber : Petunjuk praktikum bahan perkerasan jalan raya, FTSP, ITN, Malang, 2001

Tabel 3.2 Peralatan Pengujian Agregat

Sumber : Petunjuk praktikum bahan perkerasan jalan raya, FTSP, ITN, Malang, 2001

NO .	PEMERIKSAAN	NAMA ALAT / PERALATAN
1.	Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar. (AASHTO T-85-81)	Keranjang Kawat, Tempat Air, Timbangan, Oven, Alat Pemisah, Saringan.
2.	Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus. (AASHTO T-84-81)	Timbangan, Piknometer, Kerucut, Terpancung, Batang Penumbuk, Saringan, Oven, Pengukur Suhu Talam, Bejana Tempat Air, Pompa Hampa Udara, Air Suling Decistor.
3.	Analisa Saringan Agregat Halus Dan Kasar. (AASHTO T-27-82)(ASTM C-136-46)	Timbangan, Neraca, Satu Set Saringan Lengkap, Oven, Alat Pemisah Contoh: Mesin Pengguncang Saringan, Talam, Kuas, Sikat, Kuningan, Sendok.

**Tabel 3.3 Peralatan Pengujian Campuran Aspal Dengan Agregat
(Alat Uji Marshall).**

NO.	PEMERIKSAAN	NAMA ALAT / PERALATAN
1.	Campuran Aspal Methode Marshall	Cetak Benda Uji Dari Logam, Mesin Penumbuk, Alat Pengeluar Benda Uji, Alat Marshall, Oven, Bak Perrendam, Timbangan, Pengukur Suhu Dari Logam, Wajan, Panci, Sendok Pengaduk, Spatula, Kompor, Pemanas, Sarung Tangan, Kantong Plastik.

Sumber : Petunjuk praktikum bahan perkerasan jalan raya, FTSP, ITN, Malang, 2001

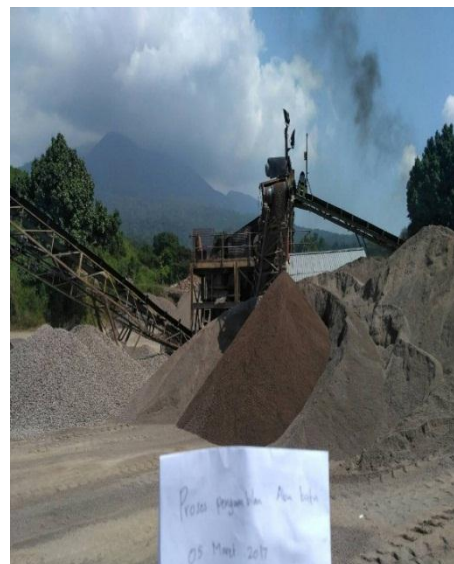
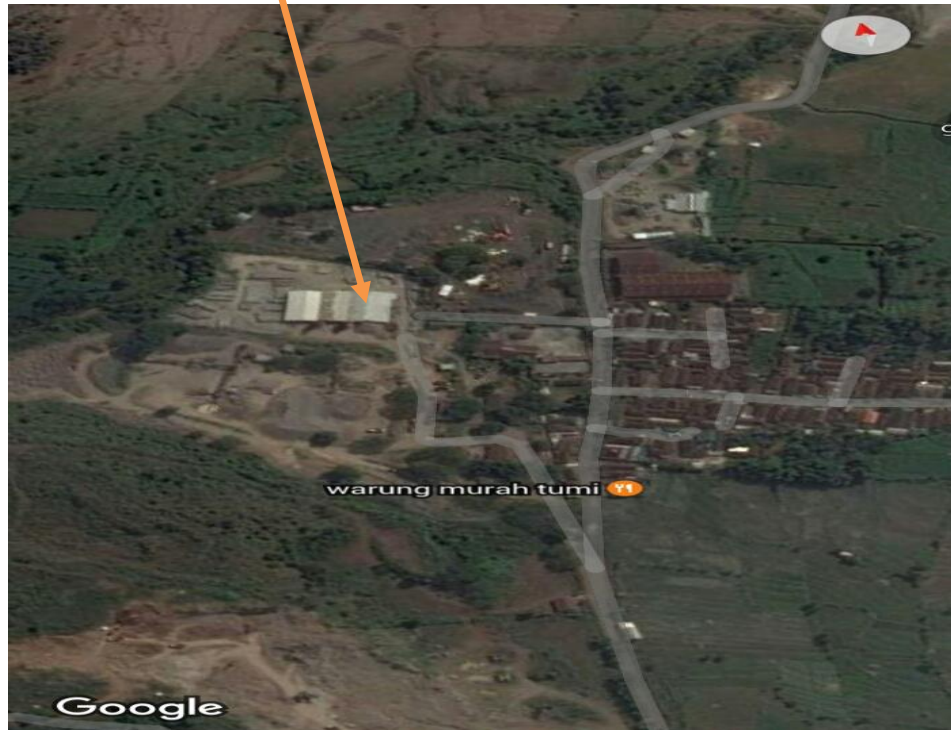
3.4.3 Bahan-Bahan Material

Bahan-bahan yang di pergunakan dalam Penelitian ini adalah :

1. Aspal Pertamina penetrasi 60/70
2. Agregat Kasar (10-10) dan Sedang (05-10) diambil dari Pasuruan Kejayan
3. Pasir (005) diambil dari sungai Lumajang
4. Filler Abu Batu diambil dari PT. VARIA USAHA BETON - Pandaan –
Kabupaten Pasuruan.
5. Lumpur di ambil dari PT. Lapindo Brantas, Kecamatan Porong –
Kabupaten Sidoarjo.

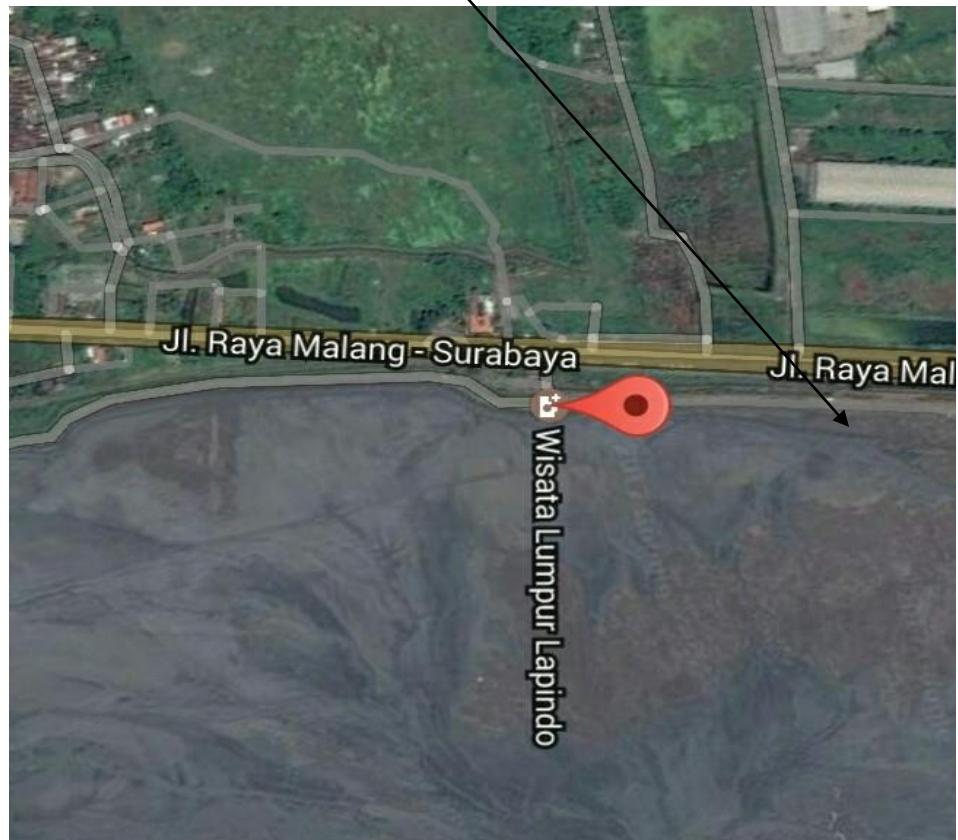
PETA PENGAMBILAN FILLER ABU BATU

Lokasi Pengambilan Filler Abu Batu
PT. VARIA USAHA BETON – Kec. Pandaan – Kab. Pasuruan



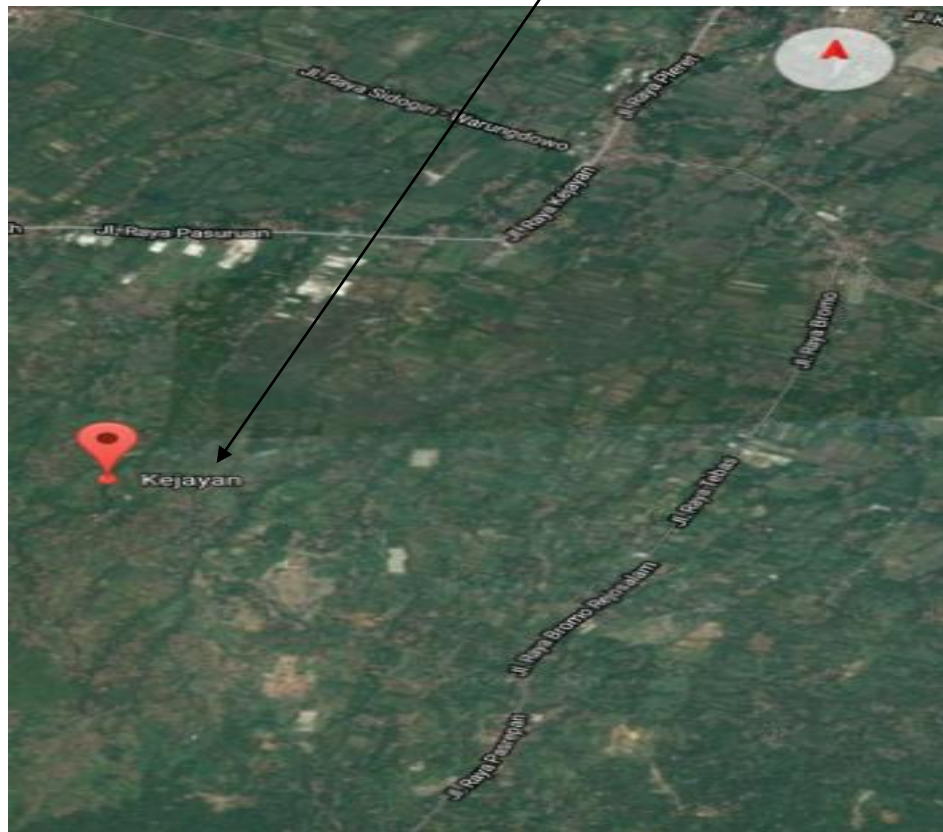
PETA PENGAMBILAN LUMPUR LAPINDO

Lokasi Pengambilan Lumpur Lapindo
Kecamatan Porong – Kabupaten Sidoarjo



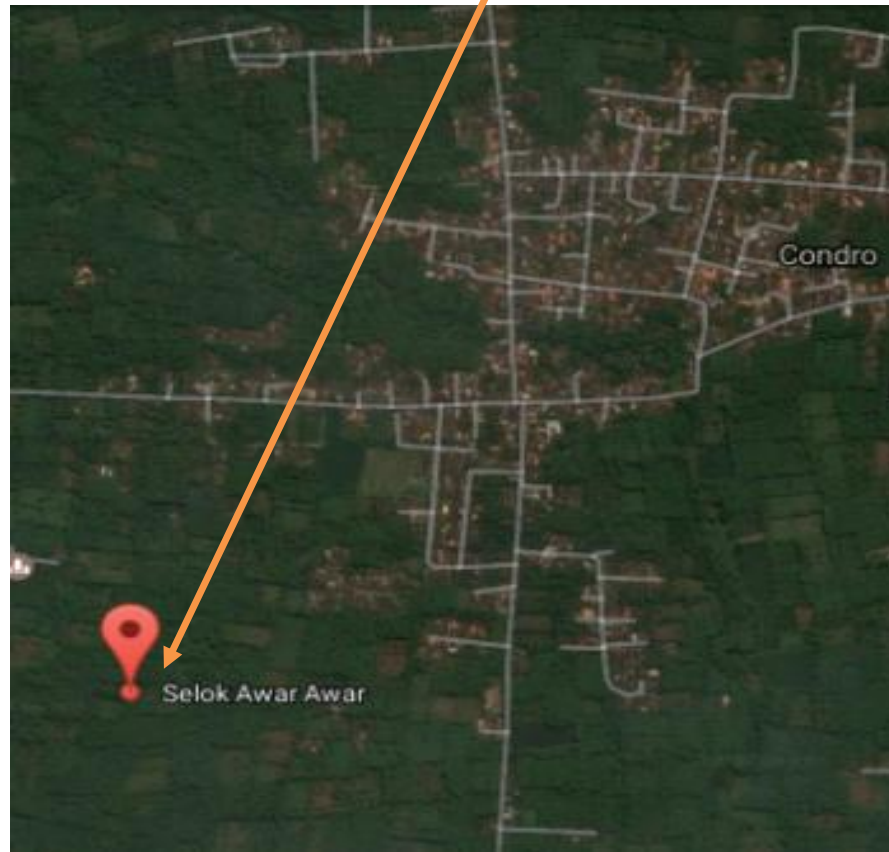
PETA PENGAMBILAN AGREGAT KASAR DAN SEDANG

Lokasi Pengambilan Agregat Kasar dan Sedang
dusun Dampol – desa benerwojo – kecamatan kejayan
kabupaten pasuruan



PETA PENGAMBILAN AGREGAT HALUS

Lokasi Pengambilan Agregat Halus
desa selok awar-awar – kecamatan pasirian – kabupaten lumajang



3.5 Populasi dan Sampel

Seluruh obyek yang akan di teliti. Dalam penelitian ini benda uji secara keseluruhan dapat disebut populasi, sedangkan benda uji yang mewakili sebagian dari anggota populasi disebut sampel.

Uji Kadar Aspal Optimum

benda uji pada penelitian ini dibagi dalam 5 kelompok yaitu :

1. kadar aspal 5% = 5 benda uji
2. kadar aspal 5,5% = 5 benda uji
3. kadar aspal 6% = 5 benda uji
4. kadar aspal 6,5% = 5 benda uji
5. kadar aspal 7% = 5 benda uji

Tabel 3.4 jumlah benda uji Mencari Kadar Aspal Optimum (KAO)

3.6 Pengumpulan Data

Kadar aspal(%)	Temperatur (°C)	Rendaman (Menit)	Pengujian					Jumlah benda uji
5	60	30	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	5 buah
5,5	60	30	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	5 buah
6	60	30	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	5 buah
6,5	60	30	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	5 buah
7	60	30	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	5 buah
Jumlah total								25 buah

Data dikumpulkan dari hasil pengujian terhadap aspal, agregat, campuran antara aspal dan agregat untuk perkerasan Asphalt Concrete (AC) dan Wearing Course (WC) dengan memvariasikan kadar aspal untuk mendapatkan kadar aspal optimum. Setelah itu kadar aspal optimum yang telah diperoleh divariasikan dengan kadar filler mulai 0% ,30%, 40% ,50% dan 60% untuk mendapatkan kadar filler optimum, Berdasarkan persyaratan dan spesifikasi yang telah ditentukan dan dilakukan pengujian terhadap nilai stabilitas, flow, VIM, VMA, Marshall quotient dan indeks peredaman terhadap seluruh benda uji dengan menggunakan alat marshall. Pengambilan data pada alat marshall dilakukan dengan mencatat besarnya gaya yang didapat menghancurkan benda uji tersebut.

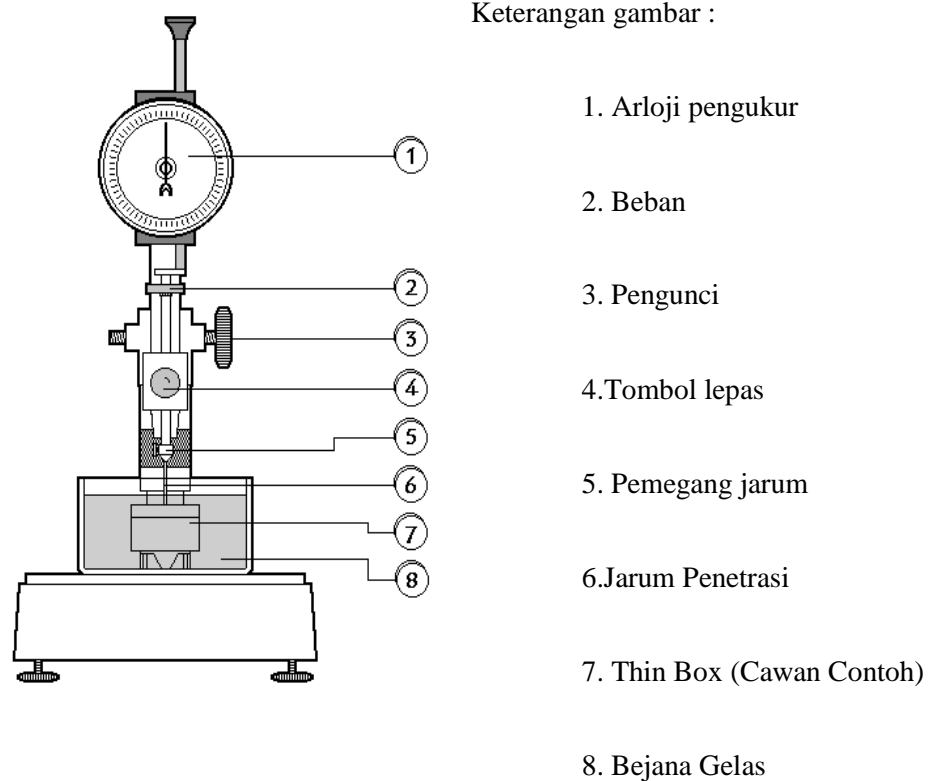
3.7 Teknik Analisa Data

Dari hasil penelitian tersebut dianalisa dengan menggunakan analisa regresi, analisa varian dan uji rentang sehingga dapat memberikan gambaran ada tidaknya perbedaan antara perlakuan setiap benda uji.

3.8 Metode Pengujian Aspal

3.8.1 Pengujian Penetrasi Bahan-Bahan Butimen (*AASHTO T-49-80*) (*ASTM D-5-71*)

Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan penetrasi bitumen keras atau lembek (solid atau semi solid) dengan memasukkan jarum ukuran tertentu, beban, dan waktu tertentu ke dalam bitumen pada suhu tertentu.



Gambar 3.1 Alat Penetrasi

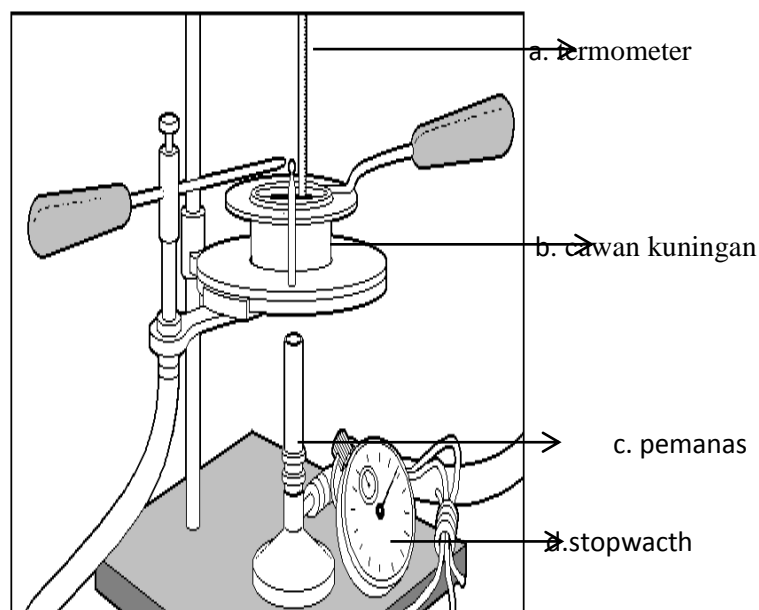
Cara Pengujian

- a. Meletakkan benda uji dalam tempat air yang kecil dan memasukkan tempat air tersebut ke dalam bak perendam yang telah berada pada suhu yang ditentukan. Didiamkan dalam bak tersebut selama 1 sampai 1,5 jam untuk benda uji kecil dan 1,5 sampai 2 jam untuk benda uji besar.
- b. Memeriksa pemegang jarum agar jarum dapat dipasang dengan baik dan membersihkan jarum penetrasi dengan toluene atau pelarut lain kemudian mengerngkan jarum tersebut dengan lap bersih dan memasang jarum pada pemegang jarum.
- c. Meletakkan pemberat 50 gr di atas jarum untuk memperoleh beban sebesar $(100 \pm 0,1)$ gram.
- d. Memindahkan tempat air dari bak perendam ke bawah alat penetrasi.
- e. Menurunkan jarum perlahan-lahan sehingga jarum tersebut menyentuh permukaan benda uji. Kemudian mengatur angka 0 di arloji penetrometer sehingga jarum penunjuk berimpit dengannya.
- f. Melepaskan pemegang jarum dan serentak menjalankan stopwatch selama $(5 \pm 0,1)$ detik.
- g. Memutar arloji penetrometer dan membaca angka penetrasi yang berimpit dengan jarum penunjuk. Membulatkan hingga angka 0,1 mm terdekat.
- h. Melepaskan jarum dari pemegang jarum dan menyiapkan alat penetrasi untuk pekerjaan berikutnya.

- i. Melakukan pekerjaan 1 sampai dengan 7 di atas tidak kurang dari 3 kali untuk benda uji yang sama, dengan ketentuan setiap titik pemeriksaan berjarak satu sama lain dari tepi dinding lebih dari 1 cm.

3.8.2 Pengujian Titik Nyala dan Titik Bakar (AASHTO T 48-81) (ASTM D-92-52)

Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan titik nyala dan titik bakar dari semua hasil minyak bumi kecuali minyak bakar dan bahan-bahan lainnya yang mempunyai titik nyala oven cup kurang dari 79°C. Titik nyala adalah suhu pada saat terlihat nyala singkat pada suatu titik di atas permukaan aspal. Titik bakar adalah suhu terlihat nyala sekurang-kurangnya 5 detik pada suatu titik di atas permukaan aspal.



Gambar 3.2 Alat Pengujian Titik Nyala dan Titik Bakar

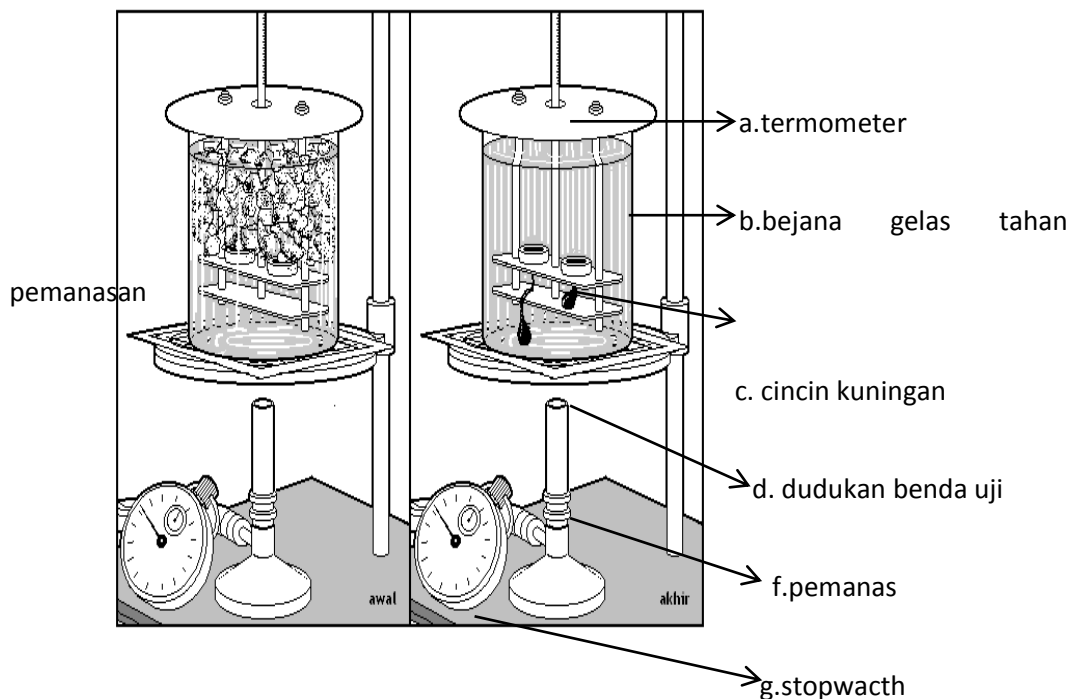
Cara Pengujian

- a. Meletakkan cawan di atas nyala pemanas tepat di bawah titik tengah cawan.
- b. Meletakkan nyala penguji dengan poros pada jarak 7,5 cm dari titik tengah cawan.
- c. Memasang termometer, menyalakan kompor dan mengatur pemanasan sehingga kenaikan suhu adalah 15°C per menit sampai mencapai suhu 56°C di bawah titik nyala yang diperkirakan untuk selanjutnya kenaikan suhu 5°C sampai 6°C per menit.
- d. Menempatkan penahan angin di depan nyala penguji.
- e. Menyalakan sumber pemanas dan mengatur pemanas sehingga kenaikan suhu menjadi $(15 \pm 1)^{\circ}\text{C}$ per menit sampai benda uji mencapai 56°C di bawah titik nyala perkiraan.
- f. Kemudian mengatur kecepatan pemanasan 5°C sampai 6°C permenit pada suhu antara 56°C dan 28°C di bawah titik nyala perkiraan.
- g. Menyalakan nyala penguji dan mengatur nyala penguji agar diameter nyala penguji tersebut menjadi 3,2 sampai 4,8 mm.
- h. Memutar nyala penguji sehingga melalui permukaan cawan (dari tepi ke tepi cawan) dalam waktu satu detik. Kemudian mengulangi pekerjaan tersebut setiap kenaikan 2°C .
- i. Melanjutkan pekerjaan f sampai h sampai terlihat nyala singkat pada suatu titik di atas permukaan benda uji. Kemudian membaca suhu pada termometer dan di catat.

- j. Melanjutkann pekerjaan sampai terlihat nyala yang agak lama sekurang-kurangnya 5 detik di atas permukaan benda uji. Kemudian membaca suhu pada termometer dan di catat.

3.8.3 Pengujian Titik Lembek Aspal (*AASHTO T-53-89*)

Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan titik lembek aspal dan ter yang berkisar antara 30°C sampai 200°C. Yang dimaksud dengan titik lembek adalah suhu pada saat bola baja dengan berat tertentu, mendesak turun suatu aspal yang tertahan dalam cincin berukuran tertentu, sehingga aspal dan tersebut menyentuh pelat dasar yang terletak di bawah cincin pada tinggi tertentu, sebagai akibat kecepatan pemanasan tertentu.



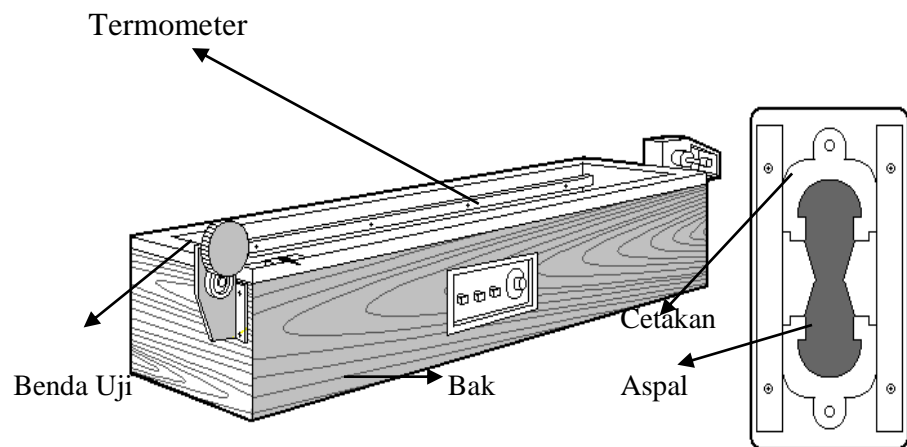
Gambar 3.3 Pemeriksaan Titik Lembek

Cara Pengujian

- a. Memasang dan mengatur kedua benda uji di atas dudukan dan meletakkan pengarah bola di atasnya. Kemudian memasukkan seluruh peralatan tersebut ke dalam bejana gelas.
- b. Mengisi bejana dengan air suling baru, dengan suhu $(5 \pm 1)^{\circ}\text{C}$ sehingga tinggi permukaan air berkisar antara 101,6 sampai 108 mm.
- c. Meletakkan termometer yang sesuai untuk pekerjaan ini di antara kedua benda uji (\pm berjarak 12,7 mm dari tiap cincin).
- d. Memeriksa dan mengatur jarak antara permukaan pelat dasar benda uji sehingga menjadi 25,4 mm.
- e. Meletakkan bola-bola baja yang bersuhu 5°C di atas permukaan bagian tengah masing-masing benda uji yang bersuhu 5°C menggunakan penjepit dengan memasang kembali pengarah bola.
- f. Memanaskan bejana sehingga kenaikan suhu menjadi 5°C per menit sebagai kecepatan pemanasan rata-rata dari awal dan akhir pekerjaan ini. Untuk 3 menit pertama perbedaan kecepatan tidak boleh melebihi $0,5^{\circ}\text{C}$.

3.8.4 Pengujian Daktilitas (AASHTO T-51-81)

Pengujian ini adalah mengukur jarak terpanjang yang dapat ditarik antara dua cetakan yang berisi bitumen keras sebelum putus, pada suhu dan kecepatan tarik tertentu.



Gambar 3.4 Mesin Pengukur dan Cetakan Daktilitas

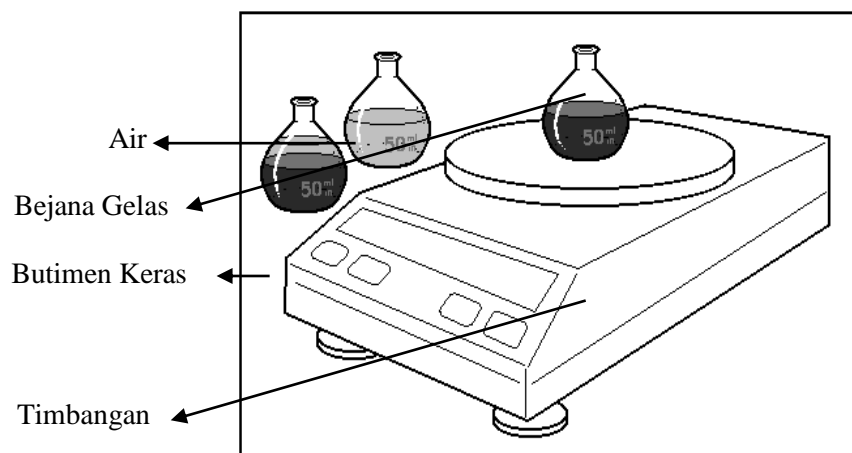
Cara Pengujian

- Benda uji di diamkan pada suhu 25°C dalam bak perendam selama 85 sampai 95 menit, kemudian melepaskan benda uji dari pelat dasar dan sisi cetakannya.
- Memasang benda uji pada mesin uji dan menarik benda uji secara teratur dengan kecepatan 5 cm/menit sampai benda uji putus. Perbedaan kecepatan lebih kurang 5% masih diijinkan.
- Membaca jarak antara pemegang cetakan, pada saat benda uji putus (dalam cm).

- d. Selama percobaan berlangsung benda uji harus terendam sekurang-kurangnya 2,5 cm dari air dan suhu harus dipertahankan tetap ($25 \pm 9,5$) °C.

3.8.5 Pengujian Berat Jenis Bitumen Keras (AASHTO T-51-81)

Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan berat jenis bitumen keras dengan piknometer. Berat jenis bitumen adalah perbandingan antara berat bitumen dan berat air suling dengan isi yang sama pada suhu tertentu.



Gambar 3.5 Pemeriksaan Berat Jenis Aspal Keras

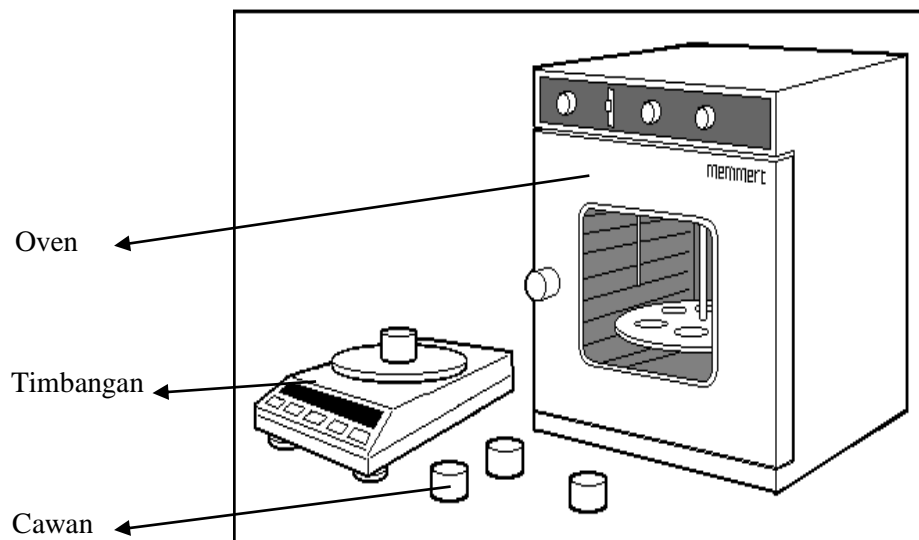
Cara Pengujian

- a. Mengisi bejana dengan air suling sehingga diperkirakan bagian atas piknometer yang terendam 40 mm. Kemudian merendam dan menjepit bejana tersebut dalam bak perendam sehingga terendam sekurang-kurangnya 100 mm. Mengatur suhu bak perendam pada 25°C.
- b. Membersihkan, mengeringkan dan menimbang piknometer dengan ketelitian 1 mg (A).
- c. Mengangkat bejana dari bak perendam dan mengisi piknometer dengan air suling kemudian menutup piknometer tanpa ditekan.
- d. Meletakkan piknometer ke dalam bejana dan menekan penutup hingga rapat, mengembalikan bejana berisi piknometer ke dalam bak perendam. Mendiamkan bejana tersebut di dalam bak perendam selama sekurang-kurangnya 30 menit, kemudian mengangkat piknometer dan mengeringkan dengan lap. Kemudian menimbang dengan ketelitian 1 mg (B).
- e. Menuangkan benda uji tersebut ke dalam piknometer yang telah kering hingga terisi $\frac{3}{4}$ bagian.
- f. Membiarkan piknometer sampai dingin, waktu tidak kurang dari 40 menit dan kemudian menimbang dengan penutupnya dengan ketelitian 1 mg (C).

- g. Mengisi piknometer (yang telah berisi benda uji) tersebut dengan air suling dan menutupnya tanpa ditekan. Mendiamkan agar gelembung-gelembung udara keluar.
- h. Mengangkat bejana dari bak perendam dan meletakkan piknometer di dalamnya dan kemudian menekan penutupnya hingga rapat. Memasukkan dan mendiamkan bejana ke dalam bak perendam selama sekurang-kurangnya 30 menit. Setelah itu diangkat, diringkan dan dimbanglah piknometer (D).

3.8.6 Pengujian Penurunan Berat Minyak Dan Aspal (*AASHTO T-226-79*)

Pengujian ini dimaksudkan untuk menetapkan penurunan berat minyak dan aspal dengan cara pemanasan dan tebal tertentu, yang dinyatakan dalam prosen berat semula.



Gambar 3.6 Aparatus Pemeriksaan Kehilangan Berat Minyak dan Aspal

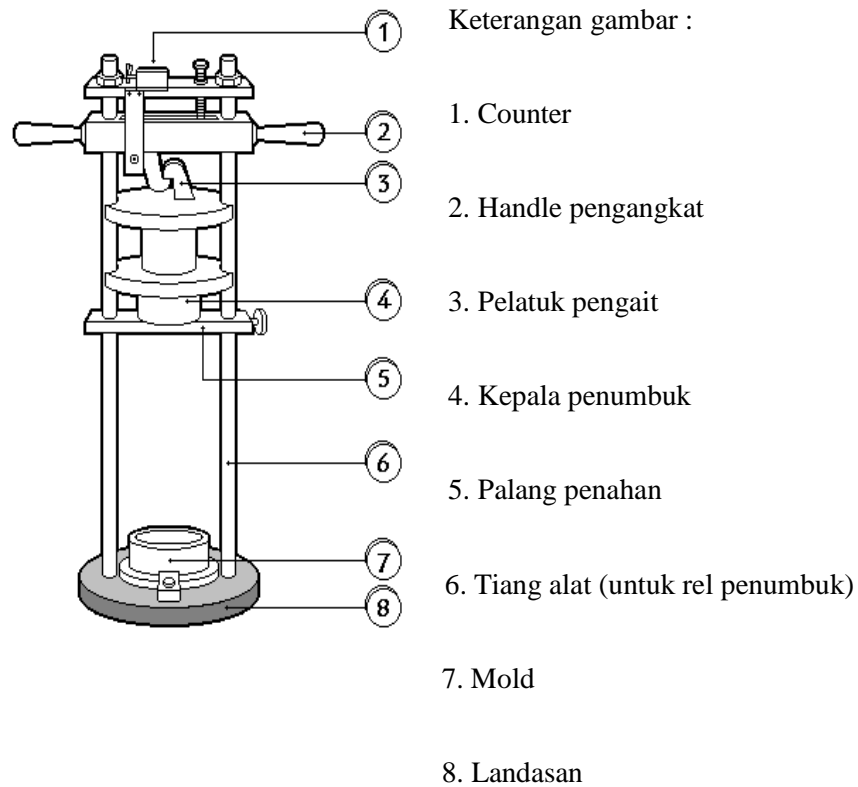
Cara Pengujian

- a. Meletakkan benda uji di atas piringan setelah oven mencapai suhu $(163 \pm 1)^{\circ}\text{C}$.
- b. Memasang termometer pada dudukannya sehingga terletak pada jarak 1,9 cm dari pinggir piringan dengan ujung 6 mm di atas piringan.
- c. Mengambil benda uji dari oven setelah 5 jam sampai 5 jam 15 menit.
- d. Mendinginkan benda uji pada suhu ruang kemudian menimbanginya dengan ketelitian 0,01 gram (B).
- e. Melakukan kembali pada pengetesan Penetrasi (AASHTO T 49-80); Titik lembek (AASHTO T 53-89); dan daktilitas (AASHTO T 51-81) sesuai prosedur yang ada.

3.9 Metode Pengujian Material Agregat

3.9.1 Pengujian Agregat Terhadap Tumbukan (Impact Value) (BS 812 : Part 3 : 1975)

Pengujian ini untuk menentukan ketahanan agregat batu pecah terhadap tumbukan dengan menggunakan mesin Impact. Pengujian agregat ini di nyatakan dengan *Agregate Impact Value* (AIV).



Gambar 3.7:Detail Mesin Impact Aggregate

Cara Pengujian

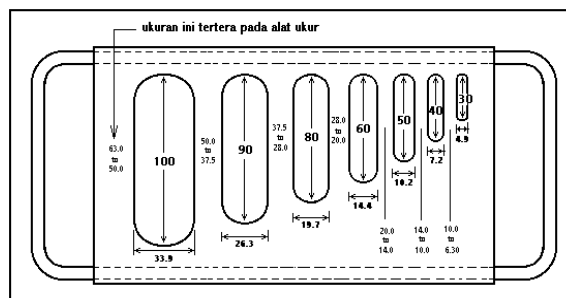
- a. Meletakkan mesin impact agregat pada plat datar, lantai atau balok beton dan mengatur palu pada penguncinya.
- b. Meletakkan cup yang telah berisi benda uji pada tempatnya. Pastikan posisi cup sudah baik dan kuat sehingga tidak bergeser akibat pukulan palu.
- c. Mengatur ketinggian palu sedemikian rupa sehingga jarak antara bidang kontak palu dengan permukaan benda uji 380 ± 5 mm.

- d. Melepaskan pengunci palu dan biarkan palu jatuh bebas ke benda uji.
Mangkat palu pada posisi semula dan lepaskan kembali (jatuh bebas).
Tumbukan dilakukan sebanyak 15 kali dengan tenggang waktu antar tumbukan tidak lebih dari 1 detik.
- e. Setelah selesai memisahkan benda uji dengan saringan # 2,36 mm British Standar selama satu menit dan timbang berat yang lolos dan tertahan sebagai B dan C.
- f. Jika selisih (B + C) dengan A lebih besar dari 1 gram, pengujian harus diulang.

3.9.2 Pengujian Indeks Kepipihan (Flakine Indeks) (BS 812 : Part 1 : 1975)

Metode ini didasarkan pada klasifikasi partikel agregat sebagai benda pipih (*flaky*) dengan ketebalan (dimensi terkecilnya) kurang dari 0,6 ukuran nominalnya. Ukuran ini diambil sebagai nilai batas rata-rata dari lubang-lubang saringan yang digunakan untuk menentukan ukuran fraksi partikel.

Tujuan dari percobaan ini adalah untuk menyeragamkan cara memperoleh indeks kepipihan atau prosentase berat agregat kasar atau pipih yang masih dapat digunakan (sebagai bahan perkerasan pada jalan raya).



Gambar 3.8 : Alat Pengukur Kepipihan

Cara Pengujian

- a. Menyaring benda uji sesuai dengan ketentuan fraksi agregat pada tabel di bawah.

Tabel 3.5 Penyaringan Benda Uji Sesuai dengan Ketentuan Fraksi Agregat

Fraksi ukuran agregat saringan penguji (mm)		Jarak pengukur kepipihan (mm) (3/5 x tengah #)	Berat minimum tiap fraksi (kg)
100 % lolos	100 % tertahan		
63,0	50,0	33,0 ± 0,3	50
50,0	37,5	26,3 ± 0,3	35
37,5	28,0	19,7 ± 0,3	15
28,0	19,10	14,4 ± 0,15	5
19,10	13,2	10,2 ± 0,15	2
13,2	9,5	7,2 ± 0,1	1
9,5	6,3	4,9 ± 0,1	0,5

Ketentuan Fraksi Agregat

- b. Menyingkirkan seluruh agregat yang tertahan saringan 63,0 mm dan lolos 6,30 mm.
- c. Menimbang agregat yang lolos saringan 63,0 mm dan tertahan 6,30 mm sebagai M_1 .
- d. Menimbang berat agregat di masing-masing fraksi dan hitung persentasenya terhadap M_1 . Mencatat berat masing-masing fraksi agregat dan persentasenya pada lembar isian yang tersedia.
- e. Menyimpan agregat pada baki-baki secara terpisah sesuai dengan ukuran fraksinya.

- f. Mencatat jumlah seluruh agregat yang prosentase per fraksinya lebih besar dari 5% dan dinyatakan sebagai M_2 .
- g. Mengukur fraksi-fraksi agregat yang memiliki prosentase lebih besar dari 5% dengan menggunakan pengukur kepipihan (*flakiness*) dengan ketentuan.
- h. Lewatkan dengan tangan setiap butir agregat pada lubang alat kepipihan sesuai dengan ukurannya, seperti pada tabel 14 di atas. Pisahkan setiap butir yang dapat lewat dan tidak dapat lewat untuk setiap fraksi.
- i. Menimbang agregat yang lewat dan tidak lewat untuk masing-masing fraksi.
- j. Menjumlahkan berat toral agregat yang lewat dan dinyatakan sebagai M_{3F}

3.9.3 Pengujian Angka Angularitas (Angularity Number) (BS 812 : Part 1 : 1975)

Pengujian angka angularitas ditentukan dari proporsi rongga dalam sebuah sampel agregat sesudah kompaksi. Angularitas atau adanya bagian-bagian yang bersudut pada partikel pada suatu agregat merupakan bagian yang penting karena hal ini mempengaruhi kemudahan saling mengunci (*interlocking*).

Cara Pengujian

- a. Menimbang berat silinder pengujian dalam keadaan kosong kemudian mencatat beratnya (W_1).
- b. Mengisi silinder dengan air sampai penuh, kemudian menimbang dan mencatat berat air dalam silinder (W_2).

- c. Menghitung berat air ($W_3 = W_2 - W_1$).
- d. Mengisi benda uji dengan agregat yang sudah dicampur ke dalam silinder dengan alat sekop secara hati-hati dalam tiga lapis yang sama tebal.
- e. Setiap lapis dipadatkan dengan tongkat pemadat dengan cara menjatuhkan tongkat pemadat dari ketinggian 50 mm (5 cm) di atas permukaan agregat sebanyak 100 kali dengan waktu rata-rata 2 tumbukan per detik.
- f. Meratakan permukaan benda uji dengan tongkat pemadat dengan cara merolling sampai betul-betul rata dengan permukaan silinder.
- g. Menimbang dan mencatat berat benda uji agregat di dalam silinder.
- h. Melakukan langkah (mulai mengisi sampai menimbang) di atas sampai 3 kali kemudian menghitung dan mencatat berat rata-rata benda uji agregat dari ketiga percobaan tersebut (M).
- i. Apabila berat dari salah satu pengujian berbeda (lebih besar dari 25 g) dengan berat rata-rata, maka 3 pengujian tambahan segera dilakukan dengan menggunakan benda uji yang sama, kemudian dari keenam pengujian tersebut dihitung berat rata-rata benda uji (M).

3.9.4 Pengujian Berat Isi Agregat (AASHTO T-19- 74)(ASTM C-29-71)

Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan berat isi agregat halus, kasar atau campuran. Berat isi adalah perbandingan antara berat dan isi.

Cara Pengujian

a. Berat isi lepas (untuk agregat dengan ukuran butir maksimum 100 mm / 4")

1. Menimbang dan mencatat berat wadah (W_1).
2. Memasukkan benda uji dengan hati-hati agar tidak terjadi pemisahan butir-butir, dari ketinggian maksimum 5 cm di atas wadah dengan menggunakan sendok atau sekop sampai penuh.
3. Meratakan permukaan benda uji dengan menggunakan mistar perata.
4. Menimbang dan mencatat berat wadah + benda uji (W_2).
5. Menghitung berat benda uji ($W_3 = W_2 - W_1$).

b. Berat isi padat dengan cara penusukan (untuk agregat dengan butir ukuran maksimum 38,1 mm 1 1/2") :

1. Menimbang dan mencatat berat wadah (W_1)
2. Mengisi wadah dengan benda uji dalam tiga lapis yang sama tebal. Setiap lapis dipadatkan dengan tongkat pemadat yang ditusukkan sebanyak 25 kali secara merata.
3. Meratakan permukaan benda uji dengan menggunakan mistar perata.
4. Menimbang dan mencatat berat wadah + benda uji (W_2).
5. Menghitung berat benda uji ($W_3 = W_2 - W_1$).

c. Berat isi padat dengan cara penggoyangan (untuk agregat dengan ukuran butir maksimum lebih dari 38,1 mm (1 1/2") :

1. Menimbang dan mencatat berat wadah (W_1)

2. Mengisi wadah dengan benda uji dalam tiga lapis yang sama tebal.
3. Memadatkan setiap lapis dengan cara menggoyang-goyangkan wadah dengan prosedur sebagai berikut :
 - a. Meletakkan wadah di atas tempat yang kokoh dan datar, dan mengangkat salah satu sisinya kira-kira setinggi 5 cm kemudian di lepaskan.
4. Mengulangi hal ini pada sisi yang berlawanan. Kemudian memadatkan lapisan tersebut sebanyak 25 kali untuk setiap sisi.
5. Meratakan permukaan benda uji dengan menggunakan mistar perata.
6. Menimbang dan mencatat berat wadah + benda uji (W2).
7. Menghitung berat benda uji ($W3 = W2 - W1$)

3.9.5 Pengujian Analisa Saringan Agregat Kasar, Sedang Dan Halus (AASHTO T-27- 82) (ASTM C-136-46)

Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan pembagian butir (Gradasi) agregat halus dan agregat kasar dengan menggunakan saringan.

Cara Pengujian

- a. Benda uji dikeringkan dalam oven dengan suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$, sampai berat tetap.
- b. Menyaring benda uji melewati susunan saringan dengan ukuran lubang saringan paling besar ditempatkan paling atas. Guncang susunan saringan tersebut dengan tangan atau mesin pengguncang selama 15 menit.

3.9.6 Pengujian Keausan Agregat Dengan Menggunakan Alat Abrasi Los Angeles (AASHTO T-96-77 (1982))

Pengujian ini adalah untuk menentukan ketahanan agregat kasar yang lebih kecil dari 37,5 mm ($1\frac{1}{2}$ ") terhadap keausan menggunakan alat *Los Angeles*.

Cara Pengujian

- a. Benda uji dan bola baja dimasukkan ke dalam mesin Los Angeles dan mesin diputar dengan kecepatan 30 sampai 33 rpm sebanyak 500 ± 1 putaran.
- b. Setelah selesai putaran, benda uji dikeluarkan, disaring dengan saringan 4,75 mm (No. 4) dan 1,7 (No. 12). Butiran yang lebih besar dari 1,7 mm (tertahan di kedua saringan tersebut) dicuci bersih, dikeringkan dalam oven dengan suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ sampai berat menjadi tetap. Kemudian timbang dengan ketelitian 5 gram.

3.9.7 Pengujian Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Halus (AASHTO T-84 81)

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan berat jenis (bulk), berat jenis kering permukaan jenuh (saturated surface dry = ssd), berat jenis semu (apparent) dan penyerapan (absorpsi) dari agregat halus.

- a. Berat jenis (bulk specific gravity) ialah perbandingan antara berat agregat kering dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu.
- b. Berat jenis permukaan jenuh (SSD) yaitu perbandingan antara berat agregat kering permukaan jenuh dan berat air suling yang isinya sama dengan agregat dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu.
- c. Berat jenis semu (apparent specific gravity) ialah perbandingan antara berat agregat kering dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan kering pada suhu tertentu.
- d. Penyerapan ialah prosentase berat air yang dapat diserap pori terhadap berat agregat kering.

Cara Pengujian

- a. Mengeringkan benda uji dalam oven pada suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$, sampai berat tetap. Yang dimaksud dengan berat tetap adalah keadaan berat benda uji selama 3 kali proses penimbangan dan pemanasan dalam oven dengan selang waktu 2 jam berturut-turut tidak akan mengalami perubahan kadar air lebih dari 0,1%.
- b. Mendinginkan pada suhu ruang, kemudian rendam dalam air selama (24 ± 4) jam.
- c. Membuang air perendam hati-hati, jangan ada butiran yang hilang. Tebarkan agregat di atas talam, keringkan di udara panas dengan cara

- membalik-balikkan benda uji. Melakukan pengeringan sampai terjadi keadaan kering permukaan jenuh.
- d. Memeriksa keadaan kering permukaan jenuh dengan mengisikan benda uji ke dalam kerucut terpancung, padatkan dengan batang penumbuk selama 25 kali, kemudian angkat kerucut terpancung. Keadaan kering permukaan jenuh tercapai apabila benda uji runtuh tetapi masih dalam keadaan tercetak. Pengeringan dihentikan bila agregat sudah mencapai keadaan kering permukaan jenuh.
 - e. Segera setelah mencapai keadaan kering permukaan jenuh, masukkan 500 gram benda uji (agregat) ke dalam piknometer.
 - f. Memasukkan air suling sampai mencapai 90% isi piknometer, putar sambil diguncang sampai tidak terlihat gelembung udara di dalamnya. Untuk mempercepat proses ini, dapat digunakan pompa hampa udara (vacuum stand), tetapi harus diperhatikan jangan sampai ada air yang ikut terisap. Selain menggunakan pompa hampa udara dapat juga dilakukan dengan merebus piknometer dalam air.
 - g. Merendam piknometer dalam air dan buat suhu air menjadi suhu standar 25°C untuk perhitungan.
 - h. Menambahkan air sampai tanda batas.
 - i. Menimbang piknometer berisi air dan benda uji sampai ketelitian 0,1 gram (B_t).
 - j. Mengeluarkan benda uji, keringkan dalam oven dengan suhu $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$ sampai berat tetap, kemudian dinginkan benda uji dalam desicator.

- k. Setelah benda uji dingin, timbanglah (B_k).
- l. Menentukan berat piknometer berisi air penuh dan ukur suhu air guna penyesuaian dengan suhu standar 25°C (B).

3.9.8 Pengujian Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Kasar (AASHTO T-85-81)

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan berat jenis (bulk), berat jenis kering permukaan jenuh (saturated surface dry = ssd), berat jenis semu (apparent) dan penyerapan (absorpsi) dari agregat kasar.

- a. Berat jenis (bulk specific gravity) ialah perbandingan antara berat agregat kering dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu.
- b. Berat jenis permukaan jenuh (SSD) yaitu perbandingan antara berat agregat kering permukaan jenuh dan berat air suling yang isinya sama dengan agregat dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu.
- c. Berat jenis semu (apparent specific gravity) ialah perbandingan antara berat agregat kering dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan kering pada suhu tertentu.
- d. Penyerapan ialah prosentase berat air yang dapat diserap pori terhadap berat agregat kering.

Cara Pengujian

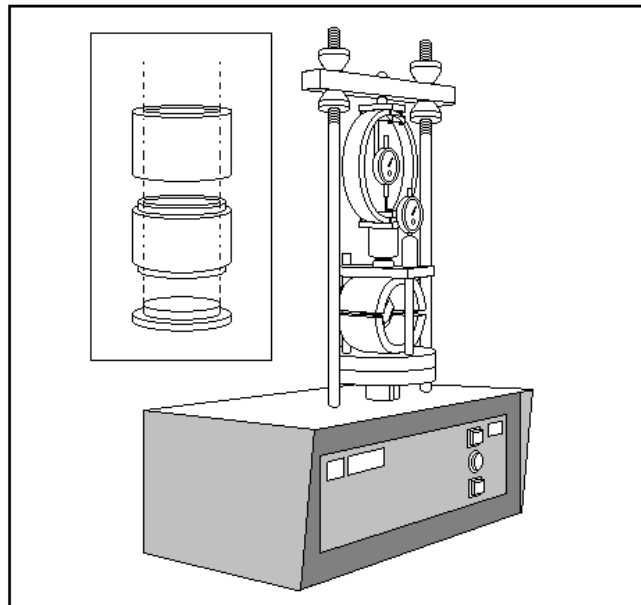
- a. Cuci benda uji untuk menghilangkan debu atau bahan lain yang melekat pada permukaan agregat.
- b. Keringkan benda uji dalam oven pada suhu 110°C sampai berat tetap.
- c. Dinginkan benda uji pada suhu kamar selama 1 sampai 3 jam, kemudian timbang dengan ketelitian 0,3 gram (B_k).
- d. Rendam benda uji dalam air pada suhu kamar selama 24 jam.
- e. Keluarkan benda uji dari air, keringkan benda uji dengan mengelap dengan kain penyerap sampai selaput air pada permukaannya hilang (kondisi SSD). Untuk butiran yang besar, pengeringan harus satu-persatu.
- f. Timbang benda uji kering permukaan jenuh (B_j).
- g. Timbang benda uji di dalam keranjang, goncangkan batunya untuk mengeluarkan udara yang tersekap dan tentukan beratnya dalam air (B_a). Ukur suhu air untuk penyesuaian perhitungan kepada suhu standar (25°C).

3.9.9 Pengujian Campuran Aspal Metode Marshall

(BS 812 : Part 3 : 1975)

Metode pengujian campuran aspal ini dimaksudkan sebagai acuan dan pegangan dalam pelaksanaan pengujian campuran aspal dengan alat Marshall. Sedangkan tujuan dari pengujian ini adalah untuk menyeragamkan cara mendapatkan suatu campuran aspal yang memenuhi ketentuan-ketentuan

yang telah ditetapkan dalam kriteria perencanaan. Metode ini meliputi uraian ketentuan umum dan teknis, penyiapan benda uji, cara uji, perhitungan hasil uji dan pelaporan.



Gambar 3.9 : Cetakan dan Alat Uji Marshall

Cara Pengujian :

1. Rendamlah benda uji dalam bak perendam (water bath) selama 30 – 40 menit dengan suhu tetap (60 ± 1 °C) untuk benda uji yang menggunakan aspal padat. Untuk benda uji yang menggunakan aspal cair, masukkan benda uji ke dalam oven selama minimum 2 jam dengan suhu tetap (25 ± 1 °C).
2. Keluarkan benda uji dari bak perendam atau dari oven dan letakkan ke dalam segmen bawah kepala penekan dengan catatan bahwa waktu yang

diperlukan dari saat diangkatnya benda uji dari bak perendam atau oven sampai tercapainya beban maksimum tidak boleh melebihi 30 detik.

3. Pasang segmen atas di atas benda uji, dan letakkan keseluruhannya dalam mesin penguji.
4. Pasang arloji pengukur pelelehan (flow) pada kedudukannya (di atas salah satu batang penuntun) dan atur kedudukan jarum penunjuk pada angka nol, sementara selubung tangkai arloji (sleeve) dipegang teguh terhadap segmen atas kepala penekan.
5. Naikkan kepala penekan (beserta benda ujinya) hingga menyentuh alas cincin penguji, sebelum pembebanan diberikan.
6. Berikan pembebanan pada benda uji dengan kecepatan tetap sekitar 50 mm per menit sampai pembebanan maksimum tercapai, atau pembebanan menurun seperti yang ditunjukkan oleh jarum arloji tekan stabilitas. Catat pembebanan maksimum (stabilitas = stability) yang dicapai, koreksilah bebannya dengan menggunakan faktor perkalian yang di dapat pada tabel bila benda uji tebalnya kurang atau lebih dari 63.5 mm.
7. Catat nilai pelelehan (flow) yang ditunjukkan oleh jarum arloji pengukur pelelehan pada saat pembebanan maksimum tercapai.

3.10 Metode Analisa Data Bahan

3.10.1 Penetrasi Bahan-bahan Bitumen (AASHTO T-49-80) (ASTM D-5-71)

Analisa Data

$$\text{Benda Uji} = \frac{1+2+3+4+5}{5} = \text{didapatkan rata-rata penetrasi}$$

3.10.2 Titik Nyala dan Titik Bakar (AASHTO T 48-81) (ASTM D-92-52)

No	Titik nyala dan titik bakar	Ulangan oleh satu orang dengan satu alat	Ulangan oleh beberapa orang dengan satu alat
1.	Titik nyala 175°F sampai 550°F	5°F (2°C)	10°F (5.5°C)
2.	Titik bakar lebih dari 550°F	10°F (5.5°C)	15°F (8°C)

3.10.3 Daktilitas Aspal (AASHTO T-51-81)

1. Pengamatan I : 100 cm
2. Pengamatan II : 100 cm
3. Nilai pengamatan rata – rata = $\left(\frac{100+100}{2} \right) = 100 \text{ cm}$

3.10.4 Berat Jenis Aspal Keras (AASHTO T-226-79)

- a) Berat piknometer + air = 65,6 gram
- b) Berat piknometer = 28,6 gram
- c) Berat air (isi piknometer) = (Berat piknometer + air) - (Berat piknometer)
- d) Isi bitumen = (65,6 – 28,6) – (66,2 – 51,2)= 22gram

$$e) \quad \text{Berat jenis} = \frac{\text{Berat contoh}}{\text{Berat air sebanyak bitumen}}$$

3.10.5 Kehilangan Berat Minyak dan Aspal (*AASHTO T-47-82*)

$$\text{Kehilangan berat} = \frac{A - B}{A} \times 100 \%$$

dimana :

A = berat cawan + contoh sebelum pemanasan (gram)

B = berat cawan + contoh setelah pemanasan (gram)

3.10.6 Kekuatan Agregat Terhadap Tumbukan (*AGGREGATE IMPACT VALUE*) (*BS 812 : Part 3 : 1975*)

Analisa Data

$$AIV = \frac{B}{A} \times 100 \%$$

dimana :

AIV = Aggregate Impact Value (%)

A = Berat awal benda uji (sebelum)

B = Berat lolos saringan diameter # 2.36 mm (setelah)

3.10.7 Pengujian Indeks Kepipihan (*FLAKINESS INDEX*) (*BS 812 : Part 1 : 1975*)

Analisa Data

$$\text{Indeks kepipihan (\%)} = \frac{M_3 F \times 100}{M_2}$$

dimana :

M_2 = jumlah fraksi yang mempunyai prosentase berat lebih besar dari 5% terhadap berat total.

M_3 = jumlah berat partikel agregat yang lolos pada alat kepipihan.

3.10.8 Analisa Saringan Agregat Halus Dan Kasar (*AASHTO T-27-82*)

Analisa Data

- Hitung prosentase berat benda uji yang tertahan di atas masing-masing saringan terhadap berat total benda uji.
- Laporan meliputi jumlah prosentase melalui masing-masing saringan atau jumlah prosentase di atas masing-masing saringan dalam bilangan bulat, serta menggambar grafik akumulatif.
- Analisa saringan agregat kasar.

Misal untuk saringan no. 1/2"

Prosen tertahan = (berat benda uji yang tertahan / berat total benda uji) * 100%

= (28,30 / 9438,40) * 100%

= 0,30 %

Prosen lolos = 100% - 0,30 %

$$= 99,70 \%$$

d) Analisa saringan agregat sedang

Misal untuk saringan no.3/8"

Prosen tertahan = (berat benda uji yang tertahan / berat total benda uji

) *

100%

Prosen lolos = 100% - 18,72 %

$$= 81,28 \%$$

e) Analisa saringan agregat halus

Misal untuk saringan no. 8

Prosen tertahan = (berat benda uji yang tertahan / berat total benda uji

) *

100%

$$= (350,10 / 617,10) * 100\%$$

$$= 56,73\%$$

Prosen lolos = 100% - 56,73%

$$= 43,27 \%$$

3.10.9 Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Halus (AASHTO T-84-81)

Analisa Data

$$1) \quad \text{Berat jenis (bulk specific gravity)} = \frac{B_k}{(B + B_j - B_t)}$$

$$2) \quad \text{Berat jenis kering permukaan jenuh (saturated surface dry)} =$$

$$\frac{B_j}{(B + B_j - B_t)}$$

$$3) \quad \text{Berat jenis semu (apparent specific gravity)} =$$

$$\frac{B_k}{(B + B_k - B_t)}$$

$$4) \quad \text{Penyerapan (absorpsi)} = \frac{(B_j - B_k)}{B_k} \times 100 \%$$

dimana :

B_k = berat contoh kering oven (gr)

B = berat piknometer diisi air pada 25°C (gr)

B_t = berat piknometer + contoh + air 25°C (gr)

B_j = berat contoh kering permukaan jenuh (gr)

3.10.10 Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar (AASHTO T-85-81)

Analisa Data

a) Berat jenis (bulk specific gravity) =
$$\frac{B_k}{(B_j - B_a)}$$

b) Berat jenis kering permukaan jenuh (saturated surface dry) =
$$\frac{B_j}{(B_j - B_a)}$$

c) Berat jenis semu (apparent specific gravity) =
$$\frac{B_k}{(B_k - B_a)}$$

d) Penyerapan (absorpsi) =
$$\frac{B_j - B_k}{B_k} \times 100 \%$$

dimana :

B_k = berat contoh kering oven (gram)

B_j = berat contoh kering permukaan jenuh (gram)

B_a = berat contoh di dalam air (gram)

3.10.11 Penentuan Angka Angularitas (ANGULARITY NUMBER) (BS 812 : Part 1 : 1975)

Analisa Data

$$\text{Angka angularitas} = 67 - \frac{100 \cdot M}{C \cdot Ga}$$

dimana :

M = berat agregat dalam silinder.

C = berat air diisi penuh dalam silinder (g).

Ga = specific gravity (berat jenis) dari agregat.

3.10.12 Pengujian Berat Isi dan Rongga Udara Dalam Agregat (AASHTO T-19- 80)

Analisa Data

- 1) W1 (berat silinder kosong)
- 2) W2 (berat silinder + air penuh)
- 3) Berat air , $C = W2 - W1$

Untuk Agregat Lepas

- 4) W3 (berat silinder + agregat)
- 5) Berat agregat 1 , $W4 = W3 - W1$

Untuk Agregat Padat Dengan Tusukan

- 6) W5 (berat silinder + agregat)
- 7) Berat agregat 2 , $W6 = W5 - W1$

Untuk Agregat Padat Dengan Goyangan

- 8) W7 (berat silinder + agregat 3)
- 9) Berat agregat 3 , $W8 = W7 - W1$

$$\text{Berat isi agregat} = \frac{W_{4,6,8}}{V} \text{ (kg/dm}^3 \text{)}$$

dimana :

$V = \text{volume agregat dalam silinder} = \text{volume air dalam silinder}$
(dm³)

$W_{4,6,8}$ = berat benda uji (kg)

Maka :

1. Berat isi agregat lepas = W_4 agregat lepas / V
2. Berat isi agregat padat dengan tusukan = W_6 agregat padat dengan tusukan / V
3. Berat isi agregat padat dengan goyangan = W_8 agregat padat dengan goyangan / V

3.10.13 Pengujian Campuran Aspal Metode Marshall (*BS 812 : Part 3 : 1975*)

Analisa Data

1. Laporkan kondisi pengukuran dalam form hasil pengujian campuran dengan alat Marshall.
2. Laporkan hasil-hasil percobaan dalam bentuk grafis untuk :
 - a. Hubungan % aspal terhadap campuran dengan % rongga udara terisi aspal.
 - b. Hubungan % aspal terhadap campuran dengan % rongga terhadap campuran.
 - c. Hubungan % aspal terhadap campuran dengan stabilitas.
 - d. Hubungan % aspal terhadap campuran dengan kelelehan.

Untuk kadar aspal 5,5 % benda uji I

- 1) Diameter
- 2) Tinggi 1
- 3) Tinggi 2
- 4) Tinggi 3
- 5) Tinggi rata-rata
- 6) % aspal thd agregat = (tabel prosentase aspal terhadap agregat)
- 7) % aspal thd campuran = (tabel prosentase aspal terhadap agregat)
- 8) Berat sampel
- 9) Berat SSD
- 10) Berat dalam air
- 11) Isi = Berat SSD - Berat dalam air

$$\text{Berat isi} = \frac{\text{Berat sampel}}{\text{Isi}}$$

- 12) BJ maksimum teoritis

$$13) \left(\frac{\% \text{ aspal thd campuran} * \text{berat isi}}{\text{BJ aspal}} \right)$$

$$\frac{(100 \% \text{ aspal thd campuran}) * \text{berat isi}}{\text{Bj agregat}}$$

14) Jumlah kandungan rongga

$$= 100 - \frac{\% \text{ aspal thd campuran} - \text{berat isi}}{\text{BJ aspal}} -$$

$$\frac{(100 \% \text{ aspal thd campuran})}{\text{Bj agregat}}$$

15) % Rongga thd agregat VMA = 100 -

$$\frac{(100 \% \text{ aspal thd campuran})}{\text{Bj agregat}}$$

16) % Rongga terisi aspal VFB =

$$\frac{100 (\% \text{ aspal thd campuran} * \text{berat isi} / \text{Bj agregat})}{\% \text{ rongga thd agregat VMA}}$$

17) % Rongga dlm campuran VTM

$$= 100 - (100 * (\frac{\text{berat isi}}{\text{Bj maksimum teoritis}}))$$

18) Masuk waterbath

19) Test

20) Pembacaan arloji stabilitas

21) Lbf = nilai interpolasi factor kalibrasi

$$23) K_g = 3439,80 * 0,44482 = 1530,09$$

24) Koreksi (tebal)

$$25) \text{ Stabilitas (dengan koreksi benda uji)} = K_g * \text{Koreksi (tebal)}$$

26) Flow

$$27) \text{ Marshall Quotient} = \frac{\text{Stabilitas}}{\text{Flow}}$$

3.11 Analisa Statistik Uji-T

Dalam menganalisa dan mengolah data dari hasil pengujian ekstraksi, digunakan uji statistik t. Uji t berfungsi untuk menguji hipotesis dan membuat pendugaan parameter.

Untuk pengujian hipotesis digunakan analisis signifikansi menggunakan SPSS (Statistical product and service solutions) dan untuk pengujian pendugaan parameter menggunakan Microsoft Excel. Pengujian perbedaan rata-rata dilakukan guna menguji kebenaran atau kepalsuan dari hipotesis nol, apakah ada perbedaan yang signifikan atau tidak (Supranto, 2009).

3.12 Analisa Statistik Uji-F

Analisis Uji F adalah metode uji serentak atau uji Anova, yaitu pengujian statistik untuk melihat pengaruh semua variabel bebasnya secara bersama-sama terhadap variabel terikatnya. Uji F dilakukan dengan membandingkan F hitung dengan F tabel. Metode uji F yang digunakan untuk mengolah data hasil pengujian ekstraksi adalah fungsi Anova Two Factor With Replication, fungsi ini digunakan untuk menguji perbedaan rata-rata baik berdasarkan baris maupun kolom serta menguji interaksi antar faktor. Pengujian menggunakan Uji-F dapat dilakukan dengan menggunakan

software pengolah Microsoft Excel. (Suliyanto, 2012).

Hipotesa

Uji T

- Tolak $H_0 : \mu_1 \neq \mu_2$, artinya pada rata-rata hasil pengujian ekstraksi dengan

menggunakan metode ekstraksi sentrifugal dan metode ekstraksi refluks
terdapat ada

perbedaan yang signifikan.

- Terima $H_0 : \mu_1 = \mu_2$, artinya pada rata-rata hasil pengujian ekstraksi dengan

menggunakan metode ekstraksi sentrifugal dan metode ekstraksi refluks
tidak terdapat ada perbedaan yang signifikan.

Uji F

Hipotesa Perbedaan Hasil Ekstraksi Antar Metode (Baris)

- Hipotesis nol (H_0) : $X_1 = X_2 = X_3$, Tidak terdapat perbedaan secara nyata dari rata-

rata hasil ekstraksi antar metode dengan kadar aspal.

- Hipotesis nol (H_a) : $X_1 \neq X_2 \neq X_3$, Terdapat perbedaan signifikan dari rata-rata yang hasil ekstraksi antar metode dengan kadar aspal.

Hipotesa Perbedaan Hasil Ekstraksi Antar Kadar Aspal (Kolom)

- Hipotesis nol (H_0) : $X_1 = X_2 = X_3$, Tidak terdapat perbedaan secara nyata dari rata-

rata hasil ekstraksi antar kadar aspal.

- Hipotesis nol (H_a) : $X_1 \neq X_2 \neq X_3$, Terdapat perbedaan signifikan dari rata-rata

hasil ekstraksi antar kadar aspal. Hipotesa Interaksi Hasil Ekstraksi Antara Kadar Aspal dan Metode (Kolom dan Baris)

- Hipotesis nol (H_0) : $X_1 = X_2 = X_3$, Tidak terdapat interaksi dari rata-rata hasil ekstraksi antar metode dengan kadar aspal.
- Hipotesis nol (H_a) : $X_1 \neq X_2 \neq X_3$, Terdapat interaksi dari rata-rata hasil ekstraksi antar metode dengan kadar aspal.

3.13 Pengujian Yang Tidak Dilakukan

Pada penelitian ini terdapat pengujian agregat yang tidak dilakukan yaitu:

- Uji Kelekatan filler terhadap campuran
- Pemeriksaan kelarutan butimen dalam karbon tetraklorida / karbon bisulfida (pemeriksaan menentukan jumlahh butimen yang larut dalam tetraklorida)

3.14 Bagan Alir Proses Penelitian

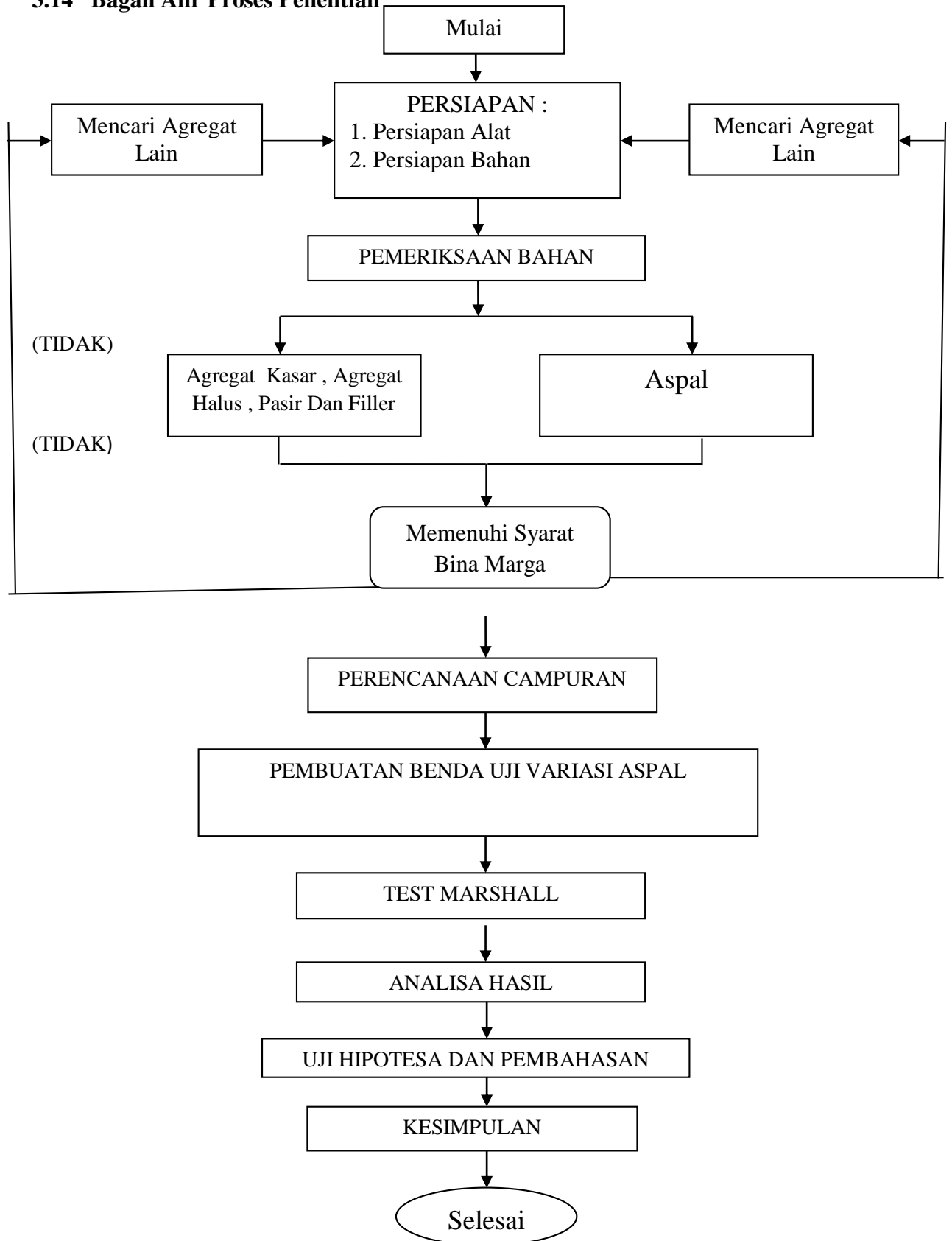
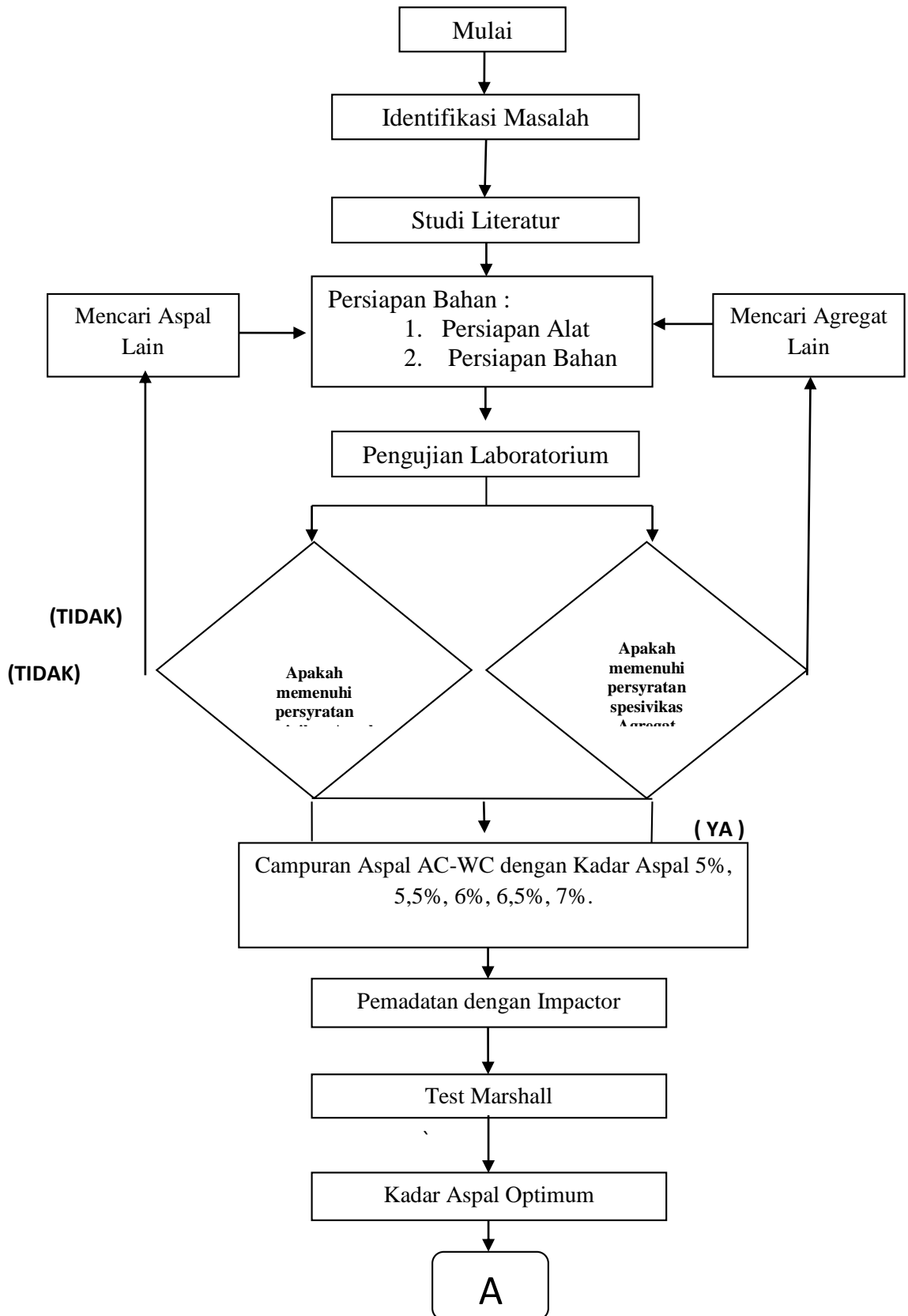
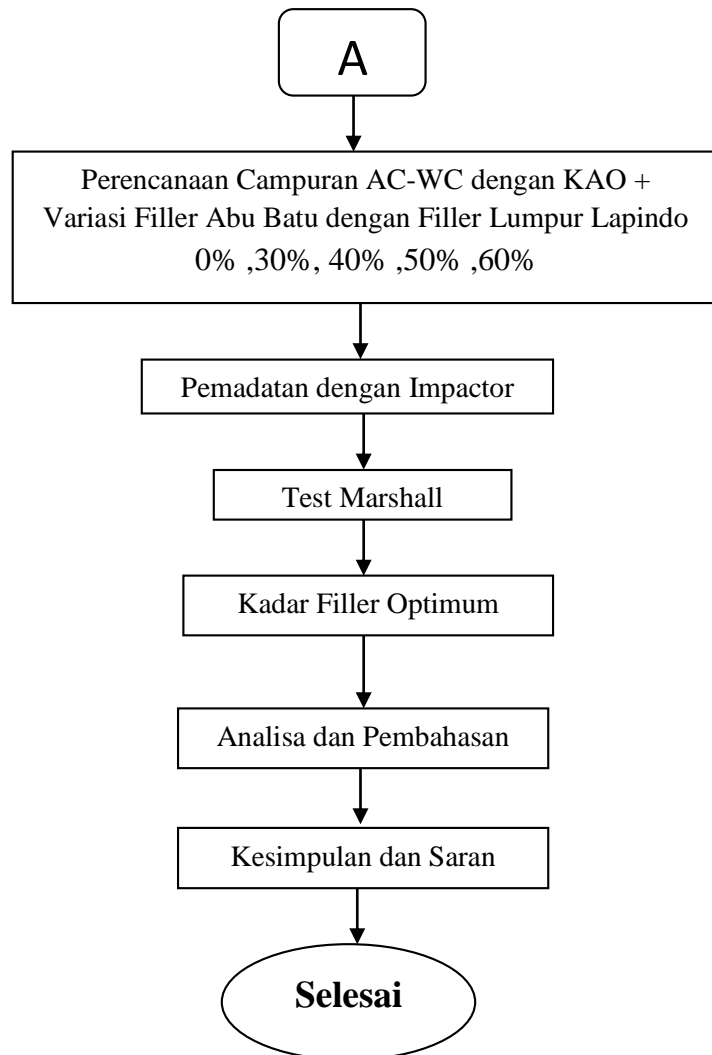


Diagram Alir Penelitian





BAB IV

HASIL PENGUJIAN AGREGAT DAN ASPAL

4.1 Hasil Pengujian Agregat

4.1.1 Pengujian Agregat Terhadap Tumbukan (*Impact Value*) (*BS 812 : Part 3 : 1975*)

Pengujian ini untuk menentukan ketahanan agregat batu pecah terhadap tumbukan dengan menggunakan mesin Impact. Pengujian agregat ini dinyatakan dengan *Agregate Impact Value* (AIV). Pengujian agregat terhadap tumbukan (AIV) dilakukan di Laboratorium Institut Teknologi Nasional Malang. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Hasil Pengujian Agregat Terhadap Tumbukan (*Aggregate Impact Value*) Agregat Benerwojo Kejayan Pasuruan

		I	II
(A)	Berat benda uji gram	500,0	500,0
(B)	berat benda uji setelah tes dan lewat saringan # 2,36 mm BS gram	40,1	44,4
(C)	Berat benda uji setelah tes dan tertahan saringan # 2,36 mm BS gram	458,4	454,6
	Aggregate Impact Value (AIV) (%)	8,02	8,88
	Rata-rata Aggregate Impact Value (%)	8,45	

Catatan :

Rata-rata Aggregate Impact Value = 8,45 %
(Maksimum
30%)

4.1.1.1 Hasil Pengujian

$$AIV = \frac{B}{A} \times 100 \%$$

Dimana :

AIV = Agregat Impact Value (%).

A = Berat awal benda uji (gr).

B = Berat lolos saringan #2,36 mm (gr), (saringan pemisah setelah proses selesai).

AIV ditentukan berdasarkan harga rata-rata dari dua pengukuran sebagai berikut:

Sample I.

A = 500 gram

B = 40,1 gram

$$\text{Maka AIV : } \frac{40,1}{500} \times 100\% = 8,02 \%$$

Sample II.

A = 500 gram

B = 44,4 gram

$$\text{Maka AIV : } \frac{44,4}{500} \times 100\% = 8,88 \%$$

$$\text{Maka nilai rata-rata} = \frac{8,02 + 8,88}{2} = 8,45 \%$$

Kesimpulan :

Hasil Perhitungan rata-rata agregat Impact value dari agregat Benerwojo Kejayan Pasuruan didapatkan nilai sebesar 8,45 %, sedangkan

persyaratan agregat impact value maksimum 30 %, maka agregat ini dapat digunakan sebagai bahan campuran.

4.1.2 Hasil Pengujian Indeks Kepipihan (*Flakines Index*) (BS 812 : Part 1 : 1975)

Metode ini didasarkan pada klasifikasi partikel agregat sebagai benda pipih (*flaky*) dengan ketebalan (dimensi terkecilnya) kurang dari 0,6 ukuran nominalnya. Ukuran ini diambil sebagai nilai batas rata-rata dari lubang-lubang saringan yang digunakan untuk menentukan ukuran fraksi partikel.

Tujuan dari percobaan ini adalah untuk menyeragamkan cara memperoleh indeks kepipihan atau persentase berat agregat kasar atau pipih yang masih dapat digunakan. Pengujian indeks kepipihan dilakukan di Laboratorium Institut Teknologi Nasional Malang. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 4.2.

Tabel 4.2 Hasil Pengujian Indeks Kepipihan (Flakines Indeks) Agregat Benerwojo Kejayan Pasuruan

Analisa saringan		Berat kering oven = 3500 gram
Saringan (mm)	Berat tertahan (gram)	Prosentase tertahan (%)
63		
50		
37,5		
28		
20		
10	1886,267	94%
7	874,067	87,4%
4	467,96	94%
Berat benda uji	M1	3500 gram
Total berat tertahan di atas 5 %	M2	3228,294 gram
Total berat lolos pada tes flakiness dari M2	M3 F	271,706 gram
Flakiness Index	$\frac{M3F \times 100}{M2}$	8,42 %

Catatan :

Flakiness Indeks = 8,42 %
(Maksimum 25%)

4.1.2.1 Hasil Pengujian

$$\text{Indeks Kepipihan (\%)} = \frac{M3F \times 100}{M2}$$

Dimana :

M2 = jumlah fraksi yang mempunyai prosentase berat tertahan lebih besar terhadap 5 % terhadap berat total (gr)

M3F = jumlah berat partikel agregat yang lolos pada alat pada kepipihan (gr).

Maka dari hasil percobaan diperoleh :

$$M1 = 3500$$

$$M2 = 3228,29$$

$$M3 = 271,706$$

$$\begin{aligned}\text{Indeks Kepipihan (\%)} &= \frac{M3 \times 100}{M2} \\ &= \frac{271,706 \times 100}{3228,29} \\ &= 8,42 \%\end{aligned}$$

Kesimpulan :

Dari hasil pengujian Flakines Indeks agregat Benerwojo Kejayan Pasuruan didapatkan nilai sebesar 8,42 %, maka agregat tersebut dapat digunakan. Dengan syarat maksimum 25%.

4.1.3 Pengujian Angka Angularitas (*Angularity Number*) (BS 812 : Part 1 : 1975)

Pengujian ini adalah untuk menyeragamkan dengan cara memperoleh angka agularitas agregat kasar yang masih dapat digunakan. Pengujian angka angularitas ditentukan dari proporsi rongga dalam sebuah sampel agregat sesudah kompaksi. Angularitas atau adanya bagian-bagian yang bersudut pada partikel pada suatu agregat merupakan bagian yang penting karena hal ini mempengaruhi kemudahan saling mengunci (*interlocking*) antar partikel. Pengujian angka agularitas dilakukan di Laboratorium Institut Teknologi Nasional Malang. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 4.3.

Tabel 4.3 Hasil Penentuan Angka Angularitas (*Angularity Number*)

Agregat Benerwojo Kejayan Pasuruan

Uraian		berat (gram)
Berat silinder kosong	W1	3550
Berat silinder + air penuh	W2	6580
Berat air	C=W2-W1	3030
Percobaan I		
Berat silinder + agregat 1	W3	8590
Berat agregat 1	W4 = W3 - W1	5040
Percobaan II		
Berat silinder + agregat 2	W5	8410
Berat agregat 2	W6 = W5 - W1	4860
Percobaan III		
Berat silinder + agregat 3	W7	8500
Berat agregat 3	W8 = W7 - W1	4950

$$\text{Angka Angularitas} = 67 - \frac{100 \cdot M}{C \cdot G_a}$$

$$= 7,14$$

Dimana :

M = Berat agregat dalam silinder rata-rata
 $= (W4 + W6 + W8) / 3$
C = Berat air diisi penuh dalam silinder
G_a = Berat jenis (Specific Gravity) dari agregat
(Angularity number berkisar 0-12)

4.1.3.1 Hasil Pengujian

$$\text{Angka agularitas} = 67 - \frac{100 \cdot M}{C \cdot G_a}$$

Dimana :

M = berat agregat dalam silinder (gr).

C = berat air diisi penuh dalam silender (gr).

Ga = specific gravity dari agregat.

Maka dari hasil pengujian diperoleh :

W1 (berat silinder kosong) = 3550

W2 (berat silinder + air penuh) = 6550

Berat air, C = W2-W1
= 6550-3550
= 4950 gr

Untuk percobaan I

W3 (berat silinder+agregat) = 8590 gr

W4 (berat agregat) = W3-W1
= 8590 – 3550
= 5040 gr

Untuk pengujian II

W5 (berat silinder+agregat) = 8410 gr

W6 (berat agregat 2) = W5-W1
= 8410 – 3550
= 4860 gr

Untuk pengujian III

W7 (berat silinder+agregat 3) = 8500 gr

W8 (berat agregat 3) = W3-W1
= 8500 – 3550
= 4950 gr

Angka Angularitas

$$= 67 - \frac{100 \cdot M}{C \cdot Ga} = 67 - \frac{100 (5040+4860+4950):3}{3030 \times 2,37} = 7,14$$

Kesimpulan :

Dari hasil pengujian agregat yang telah dilakukan didapatkan nilai angka angularitas sebesar 7,12 %, maka agregat tersebut dapat digunakan. Dimana angka angularitas disyaratkan berkisar antara 0-12. Semakin besar nilai angka angularitas maka pencampuran lebih sulit dilaksanakan namun dapat memberikan stabilitas yang tinggi karena agregat saling mengunci.

4.1.4 Pengujian Berat Isi Agregat (AASHTO T-19- 74)(ASTM C-29-71)

Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan berat isi agregat halus, kasar atau campuran. Berat isi adalah perbandingan antara berat dan isi. Pengujian berat isi dilakukan di Laboratorium Institut Teknologi Nasional Malang. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 4.4.

Tabel 4.4 Hasil Pengujian Berat Isi Agregat Benerwojo Kejayan Pasuruan

Uraian		berat (gram)		
		I		
Berat silinder kosong	W1	7870		
Berat silinder + air penuh	W2	17860		
Berat air	C = W2 - W1	9990		
Agregat lepas				
Berat silinder + agregat	W3	22030	21840	22000
Berat agregat	W4 = W3 - W1	14160	13970	14130
Agregat padat dengan tusukan				
Berat silinder + agregat	W5	23450	23300	23520
Berat agregat 2	W6 = W5 - W1	15580	15430	15650
Agregat padat dengan goyangan				
Berat silinder + agregat 3	W7	23900	23420	23680
Berat agregat 3	W8 = W7 - W1	16030	15550	15810

Berat isi agregat	$\frac{W_{4,6,8}}{V}$	$W_{4,6,8}$ = Berat agregat dalam silinder V = volume agregat dalam silinder = volume air dalam silinder		
Berat isi agregat lepas		1,42	1,40	1,41
Berat isi agregat padat dengan tusukan		1,56	1,54	1,57
Berat isi agregat padat dengan goyangan		1,60	1,56	1,58

Catatan :				
Rata-rata berat isi		= 1,52		

4.1.4.1 Hasil Pengujian

$$\text{Berat isi} = \frac{W_4}{V} \text{ (kg/dm}^3\text{)}$$

Dimana :

V = volume agregat dalam silinder = volume air dalam silinder (dm³)

W_4 = berat benda uji (kg)

Perhitungan :

W_1 (berat silinder kosong) = 7870

$$W2 \text{ (berat silinder + air penuh)} = 17860$$

$$\text{Berat air, } C = W2 - W1$$

$$= 17860 - 7870$$

$$= 9990$$

Agregat lepas :

$$W3 \text{ (berat silinder + agregat)} = 22030 \text{ gr}$$

$$W4 \text{ (} W2 - W1 \text{)} = 14160 \text{ gr}$$

Agregat padat dengan tusukan :

$$W3 \text{ (berat silinder + agregat)} = 23450 \text{ gr}$$

$$W6 = (W2 - W) = 15580 \text{ gr}$$

Agregat padat dengan goyangan :

$$W7 \text{ (berat silinder + agregat)} = 23900 \text{ gr}$$

$$W8 = 16030 \text{ gr}$$

Maka berat isi agregat lepas :

$$= W4/C$$

$$= 14160/9990$$

$$= 1,42 \text{ (gr/dm}^3\text{)}$$

Berat isi agregat padat dengan tusukan :

$$= W6$$

$$= 15580/9$$

$$= 1,56 \text{ (gr/dm}^3\text{)}$$

Berat isi agregat padat dengan goyangan :

$$= W8/C$$

$$= 16030/3030$$

$$= 1,60 \text{ (gr/dm}^3\text{)}$$

Kesimpulan :

Dari pengujian berat isi agregat nilai terbesar didapat pada saat pengujian agregat padat dengan goyangan yaitu sebesar $1,60 \text{ gr/cm}^3$.

4.1.5 Pengujian Analisa Saringan Kasar, Sedang dan Halus (*AASHTO T-27-82*) (*ASTM C-136-46*)

Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan pembagian butir (Gradasi) agregat halus dan agregat kasar dengan menggunakan saringan. Pengujian analisa saringan dilakukan di Laboratorium Institut Teknologi Nasional Malang. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 4.5, 4.6 dan 4.7.

**Tabel 4.5 Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Kasar Benerwojo
Kejayan Pasuruan**

Ukuran saringan	Berat tertahan (gram)	Kumulatif (gram)	Prosentase	
			tertahan	Lolos
25 mm (1")	0,0	0,00	0,00	100,00
19 mm (3/4")	23,7	23,70	0,12	99,88
12,5 mm (1/2")	4530,0	4553,70	22,85	77,15
9,5 mm (3/8")	11710,0	16263,70	81,61	18,39
4,75 mm (No. 4)	3510,0	19773,70	99,22	0,78
2,36 mm (No. 8)	86,6	19860,30	99,66	0,34
2 mm (No. 10)	10,3	19870,60	99,71	0,29
1,18 mm (No. 16)	6,9	19877,50	99,74	0,26
0,71 mm (No. 25)	3,5	19881,00	99,76	0,24
0,6 mm (No. 30)	2,5	19883,50	99,77	0,23
0,425 mm (No. 40)	1,5	19885,00	99,78	0,22
0,28 mm (No. 50)	2,6	19887,60	99,79	0,21
0,15 mm (No. 100)	10,3	19897,90	99,85	0,15
0,075 mm (No. 200)	5,0	19902,94	99,87	0,13
p a n	25,8	19928,74	100,00	0,00
Total berat	19928,74			

Tabel 4.6 Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Sedang Benerwojo**Kejayan Pasuruan**

Ukuran saringan	Berat tertahan (gram)	Kumulatif (gram)	Prosentase	
			tertahan	Lolos
25 mm (1")	0,0	0,00	0,00	100,00
19 mm (3/4")	0,0	0,00	0,00	100,00
12,5 mm (1/2")	0,0	0,00	0,00	100,00
9,5 mm (3/8")	187,3	187,30	1,87	98,13
4,75 mm (No. 4)	7610,0	7797,30	77,74	22,26
2,36 mm (No. 8)	1814,0	9611,30	95,83	4,17
2 mm (No. 10)	139,0	9750,30	97,22	2,78
1,18 mm (No. 16)	96,8	9847,10	98,18	1,82
0,71 mm (No. 25)	21,7	9868,80	98,40	1,60
0,6 mm (No. 30)	4,6	9873,40	98,44	1,56
0,425 mm (No. 40)	7,2	9880,60	98,51	1,49
0,28 mm (No. 50)	5,1	9885,70	98,57	1,43
0,15 mm (No. 100)	30,7	9916,40	98,87	1,13
0,075 mm (No. 200)	103,2	10019,60	99,90	0,10
p a n	10,0	10029,60	100,00	0,00
Total berat	10029,60			

**Tabel 4.7 Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus Selok Awar
Pasirian Lumajang**

Ukuran saringan	Berat tertahan (gram)	Kumulatif (gram)	Prosentase	
			tertahan	Lolos
25 mm (1")	0,0	0,00	0,00	100,00
19 mm (3/4")	0,0	0,00	0,00	100,00
12,5 mm (1/2")	4,7	4,70	0,24	99,76
9,5 mm (3/8")	7,4	12,10	0,61	99,39
4,75 mm (No. 4)	58,5	70,60	3,54	96,46
2,36 mm (No. 8)	182,2	252,80	12,66	87,34
2 mm (No. 10)	184,9	437,70	21,92	78,08
1,18 mm (No. 16)	600,8	1038,50	52,02	47,98
0,71 mm (No. 25)	479,6	1518,10	76,04	23,96
0,6 mm (No. 30)	81,9	1600,00	80,14	19,86
0,425 mm (No. 40)	73,5	1673,50	83,82	16,18
0,28 mm (No. 50)	76,0	1749,50	87,63	12,37
0,15 mm (No. 100)	214,4	1963,90	98,37	1,63
0,075 mm (No. 200)	30,6	1994,50	99,90	0,10
p a n	2,0	1996,50	100,00	0,00
Total berat	1996,50			

Kesimpulan :

Dari hasil analisa saringan agregat kasar, sedang dan halus didapatkan prosentase lolos yang selanjutnya akan dipergunakan dalam mencari prosentase campuran (*Mix Design*).

4.1.6 Hasil Pengujian Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Halus (AASHTO T-84 81)

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan berat jenis (bulk), berat jenis kering permukaan jenuh (saturated surface dry = ssd), berat jenis semu (apparent) dan penyerapan (absorpsi) dari agregat halus.

- a. Berat jenis (bulk specific gravity) ialah perbandingan antara berat agregat kering dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu.
- b. Berat jenis permukaan jenuh (SSD) ialah perbandingan antara berat kering permukaan jenuh dan berat air suling yang isinya sama agregat dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu.
- c. Berat jenis semu (apparent specific gravity) ialah perbandingan antara berat agregat kering dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan kering pada suhu tertentu.
- d. Penyerapan (absorpsi) ialah prosentase berat air yang dapat diserap pori terhadap berat agregat kering.

Pengujian analisa saringan dilakukan di Laboratorium Institut Teknologi Nasional Malang Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 4.8

**Tabel 4.8 Hasil Pengujian Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Halus Selok
Awar Pasirian Lumajang**

		I	II	Rata-rata
Berat contoh kering oven	B _k	496,90	496,90	496,90
Berat contoh kering permukaan jenuh	B _j	500,00	500,00	500,00
Berat piknometer diisi air pada 25°C	B	665,90	663,50	664,70
Berat piknometer + contoh + air (25°C)	B _t	981,10	979,70	980,40
Berat Jenis (bulk)	$\frac{B_k}{(B + B_j - B_t)}$	2,69	2,70	2,70
Berat jenis kering permukaan jenuh	$\frac{B_j}{(B + B_j - B_t)}$	2,71	2,72	2,71
Berat jenis semu (apparent)	$\frac{B_k}{(B + B_k - B_t)}$	2,69	2,70	2,70
Penyerapan (absorpsi)	$\frac{B_j - B_k}{B_k} \times 100 \%$	0,62%	0,62%	0,62%

4.1.6.1 Hasil Pengujian

a. Berat jenis bulk (bulk specific gravity) = $\frac{B_k}{(B + 500 - B_t)}$

b. Berat jenis kering permukaan jenuh (saturated surface dry) = $\frac{500}{(B + 500 - B_t)}$

c. Berat jenis semu (apparent specific gravity) = $\frac{B_k}{(B + B_k - B_t)}$

d. Penyerapan (absorpsi) = $\frac{(500 - B_k)}{(B_k)} \times 100 \%$

Dimana :

B_k = berat benda uji kering oven (gr)

B = berat picnometer berisi air (gr)

B_t = Berat piknometer berisi benda uji dalam air (gr)

Percobaan sampel 1 : $B_k = 496,90$

: $B_j = 500$

: $B_t = 981,10$

Maka perhitungan :

$$\begin{aligned}\text{Berat jenis (bulk)} &= B_k / (B_j - B_t) \\ &= 496,90 / (500 - 981,10) \\ &= 2,69\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Berat jenis kering permukaan jenuh} &= B_j / (B_j - B_t) \\ &= 500 / (500 - 981,10)\end{aligned}$$

$$= 2,71$$

$$\begin{aligned}\text{Berat jenis semu} &= B_k / (B_j - B_t) \\ &= 496,90 / (500 - 981,10) \\ &= 2,69\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Penyerapan} &= ((B_j - B_k) / B_k) \times 100\% \\ &= (500 - 496,90) / 496,90 \times 100\% = 0,62\%\end{aligned}$$

Percobaan sampel 2 : $B_k = 496,90$

: $B_j = 500$

: $B_t = 979,70$

Maka perhitungan :

$$\begin{aligned}\text{Berat jenis (bulk)} &= B_k / (B_j - B_t) \\ &= 496,90 / (500 - 979,70) \\ &= 2,70\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Berat jenis kering permukaan jenuh} &= B_j / (B_j - B_t) \\ &= 500 / (500 - 979,70) \\ &= 2,72\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Berat jenis semu} &= B_k / (B_j - B_t) \\ &= 496,90 / (500 - 979,70) \\ &= 2,70\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Penyerapan} &= ((B_j - B_k) / B_k) \times 100\% \\ &= (500 - 469,90) / 469,90 \times 100\% = 0,62\%\end{aligned}$$

Berdasarkan hasil percobaan didapatkan nilai rata – rata :

$$\text{Berat jenis (bulk)} = 2,70\%$$

$$\text{Berat jenis kering permukaan jenuh} = 2,71 \%$$

$$\text{Berat jenis semu} = 2,70 \%$$

$$\text{Penyerapan} = 0,62 \%$$

Kesimpulan :

Dari pengujian berat jenis dan penyerapan agregat halus dari Selok Awar Pasirian Lumajang didapat berat jenis sebesar 2,70 % dan penyerapan 0,62 %. Maka dari pengujian tersebut masih memenuhi syarat untuk berat jenis $> 2,5$ dan penyerapan < 3 .

4.1.7 Hasil Pengujian Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Kasar(AASHTO T-84 81)

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan berat jenis (bulk), berat jenis kering permukaan jenuh (saturated surface dry = ssd), berat jenis semu (apparent) dan penyerapan (absorpsi) dari agregat kasar.

- a. Berat jenis (bulk specific gravity) ialah perbandingan antara berat agregat kering dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu.
- b. Berat jenis permukaan jenuh (SSD) yaitu perbandingan antara berat agregat kering permukaan jenuh dan berat air suling yang isinya sama dengan agregat dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu.

- c. Berat jenis semu (apparent specific gravity) ialah perbandingan antara berat agregat kering dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan kering pada suhu tertentu.
- d. Penyerapan ialah prosentase berat air yang dapat diserap pori terhadap berat agregat kering.

Pengujian analisa saringan dilakukan di Laboratorium Institut Teknologi Nasional Malang. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 4.9.

Tabel 4.9 Hasil Pengujian Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Kasar Benerwojo Kejayan Pasuruan

		I	II	Rata-rata
Berat contoh kering oven	B _k	4950	4930	4940
Berat contoh kering permukaan jenuh	B _j	5000	5000	5000
Berat contoh di dalam air	B _t	3193,6	3186	3189,8
Berat Jenis (bulk)	$\frac{B_k}{B_j - B_t}$	2,74	2,72	2,73
Berat jenis kering permukaan jenuh	$\frac{B_j}{B_j - B_t}$	2,77	2,76	2,76
Berat jenis semu (apparent)	$\frac{B_k}{B_k - B_t}$	2,82	2,83	2,82
Penyerapan (absorpsi)	$\frac{B_j - B_k}{B_k} \times 100 \%$	1,01%	1,42%	1,21%

4.1.6.1 Hasil Pengujian

a. Berat jenis bulk (bulk specific gravity) = $\frac{B_k}{(B + 500 - B_t)}$

b. Berat jenis kering permukaan jenuh (saturated surface dry) = $\frac{500}{(B + 500 - B_t)}$

c. Berat jenis semu (apparent specific gravity) = $\frac{B_k}{(B + B_k - B_t)}$

$$\text{d. Penyerapan (absorsi)} = \frac{(500 - Bk)}{(Bk)} \times 100 \%$$

Dimana :

Bk = berat benda uji kering oven (gr)

B = berat picnometer berisi air (gr)

Bt = Berat piknometer berisi benda uji dalam air (gr)

Percobaan sampel 1 : Bk = 4950

: Bj = 5000

$$: \text{Bt} = 3193,6$$

Maka perhitungan :

$$\begin{aligned}\text{Berat jenis (bulk)} &= B_k / (B_j - B_t) \\ &= 4950 / (5000 - 3193,6) \\ &= 2,74\end{aligned}$$
$$\begin{aligned}\text{Berat jenis kering permukaan jenuh} &= B_j / (B_j - B_t) \\ &= 5000 / (5000 - 3193,6) \\ &= 2,77\end{aligned}$$
$$\begin{aligned}\text{Berat jenis semu} &= B_k / (B_j - B_t) \\ &= 4950 / (5000 - 3193,6) \\ &= 2,82\end{aligned}$$
$$\begin{aligned}\text{Penyerapan} &= ((B_j - B_k) / B_k) \times 100\% \\ &= (5000 - 4950) / 5000 \times 100\% = 1,01\%\end{aligned}$$

Percobaan sampel 2 : Bk = 4930

$$: B_j = 5000$$
$$: \text{Bt} = 3186$$

Maka perhitungan :

$$\text{Berat jenis (bulk)} = B_k / (B_j - B_t)$$

$$= 4930 / (5000 - 3186)$$

$$= 2,72$$

$$\text{Berat jenis kering permukaan jenuh} = B_j / (B_j - B_t)$$

$$= 5000 / (5000 - 3186)$$

$$= 2,76$$

$$\text{Berat jenis semu} = B_k / (B_j - B_t)$$

$$= 4930 / (5000 - 3186)$$

$$= 2,83$$

$$\text{Penyerapan} = ((B_j - B_k) / B_k) \times 100\%$$

$$= (5000 - 4930) / 4030 \times 100\% = 1,42\%$$

Berdasarkan hasil percobaan didapatkan nilai rata – rata :

$$\text{Berat jenis (bulk)} = 2,73$$

$$\text{Berat jenis kering permukaan jenuh} = 2,76$$

$$\text{Berat jenis semu} = 2,82$$

$$\text{Penyerapan} = 1,21 \%$$

Kesimpulan :

Dari pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar dari Benerwojo Kejayan Pasuruan didapat berat jenis sebesar 2,73 % dan penyerapan 1,21 %. Maka dari pengujian tersebut masih memenuhi syarat untuk berat jenis $> 2,5$ dan penyerapan < 3 .

4.1.8 Pengujian Keausan Agregat Dengan Alat Abrasi Los Angles (AASHTO

T-96-77 (1982)

Pengujian ini adalah untuk menentukan ketahanan agregat kasar yang lebih kecil dari 37,5 mm (1 ½") terhadap keausan menggunakan alat *Los Angeles*.

Pengujian analisa saringan dilakukan di Laboratorium Institut Teknologi Nasional Malang. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 4.10.

Tabel 4.10 Hasil Pengujian Keausan Agregat Kasar Benerwojo Kejayan Pasuruan Dengan Alat Abrasi Los Angles

Gradasi pemeriksaan		B (fraksi 10 - 20 mm)			
Saringan		I		II	
Lolos	tertahan	Berat sebelum	Berat sesudah	Berat sebelum	Berat sesudah
76,20 mm (3")	63,50 mm (2,5")				
63,50 mm (2,5")	50,80 mm (2")				
50,80 mm (2")	37,50 mm (1,5")				
37,50 mm (1,5")	25,40 mm (1")				
25,40 mm (1")	19,00 mm (3/4")				
19,00 mm (3/4")	12,50 mm (1/2")				
12,50 mm (1/2")	9,50 mm (3/8")	2500			
9,50 mm (3/8")	6,30 mm (1/4")	2500			
6,30 mm (1/4")	4,75 mm (No. 4)				
4,75 mm (No. 4)	2,38 mm (No. 8)				
Jumlah berat		5000			
Berat tertahan saringan no 12			4180		

		I	II	
A	Berat benda uji semula	5000		gram
B	Berat benda uji tertahan s/d saringan No.12	4180		gram
	Keausan : $\frac{a-b}{a} \times 100 \%$	17,97		%

Catatan :

Keausan = 17,97 % < 40 %

4.1.8.1 Hasil Pengujian

Perhitungan :

$$\text{Nilai keausan Los Angeles} = \frac{a - b}{a} \times 100 \%$$

Dimana :

a = berat benda uji semula (gr)

b = berat benda uji tertahan disaringan No. #12 dan No #4 (gr)

Keausan dilaporkan sebagai bilangan bulat dalam persen.

$$\begin{aligned}\text{Nilai keausan Los Angeles} &= (5000 - 4180) / 5000 \times 100\% \\ &= 17,97 \%\end{aligned}$$

Kesimpulan :

Dari hasil percobaan didapatkan nilai = 17,97%, maka memenuhi syarat ketahanan agregat kasar terhadap keausan karena kurang dari <40%, apabila lebih dari 40% maka agregat tersebut lunak yang artinya tidak dapat digunakan.

4.2 Hasil Pengujian Aspal

4.2.1 Pengujian Penetrasi Aspal(AASHTO T-49-80) (ASTM D-5-71)

Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan penetrasi bitumen keras atau lembek (solid atau semi solid) dengan memasukkan jarum ukuran tertentu, beban, dan waktu tertentu ke dalam bitumen pada suhu tertentu. Aspal yang digunakan aspal penetrasi 60/70 dari PT. Pertamina. Pengujian penetrasi dilakukan di Laboratorium Institut Teknologi Nasional Malang. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 4.11.

Tabel 4.11 Hasil Pengujian Penetrasi Aspal Sebelum Kehilangan Berat

Persiapan contoh	Contoh dipanaskan	Pembacaan suhu aspal
	Mulai jam : 08.50 WIB	140 °C
	Selesai jam : 10.00 WIB	
Mencapai suhu pemeriksaan	Direndam pada suhu 25°C	Pembacaan suhu water bath
	Mulai jam : 11.00 WIB	25 °C
	Selesai jam : 12.30 WIB	
Pemeriksaan	Penetrasi pada suhu 25°C	Pembacaan suhu termometer
	Mulai jam : 12.30 WIB	25 °C
	Selesai jam : 13.30 WIB	

Penetrasi pada 25°C dengan beban 100 gr, jangka waktu 5 detik :

Pengamatan	1	2	3	4	5
Benda uji I	67	68	69	71	71
Benda uji II	62	62	65	65	66
Rata-rata	66,60				

Catatan :	Rata-rata penetrasi = 66,60 (10 ⁻¹ mm)
-----------	--

4.2.1.1 Hasil Pengujian

Nilai penetrasi dinyatakan sebagai rata-rata dari sekurang-kurangnya 3 pembacaan dengan ketentuan bahwa hasil-hasil pembacaan tidak melampaui ketentuan persyaratan.

Tabel 4.12 Hasil Pengujian Penetrasi Aspal Sesudah Kehilangan Berat

Mencapai suhu pemeriksaan	Direndam pada suhu 25°C		Pembacaan suhu water bath
	Mulai jam	: 17.00 WIB	25 °C
	Selesai jam	: 18.30 WIB	

Pemeriksaan	Penetrasi pada suhu 25°C		Pembacaan suhu termometer
	Mulai jam	: 17.00 WIB	25 °C
	Selesai jam	: 18.00 WIB	

Penetrasi pada 25°C dengan beban 100 gr, jangka waktu 5 detik :

Pengamatan	1	2	3	4	5
Benda uji I	67	56	50	64	60
Benda uji II	65	50	56	52	55
Rata-rata	57,50				

Catatan :	Rata-rata penetrasi setelah kehilangan berat = 57,50(10 ⁻¹ mm) (86,34 % dari penetrasi sesudah kehilangan berat. Syarat : Minimum 75%)
-----------	--

Kesimpulan :

1. Hasil pengujian penetrasi aspal sebelum kehilangan berat didapatkan nilai rata-rata sebesar 66,60.
2. Hasil pengujian penetrasi aspal setelah kehilangan berat didapatkan nilai rata-rata sebesar 57,50.

3. Dari kedua pengujian tersebut $\frac{57,50}{66,60} \times 100 \% = 86,34 \%$, dengan persyaratan sesudah kehilangan berat minimal 75 % dan sebelum kehilangan berat minimal 79 %, sehingga hasil pengujian memenuhi persyaratan.

4.2.2 Pengujian Titik Nyala Dan Titik Bakar (AASHTO T 48-81) (ASTM D-92-52)

Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan titik nyala dan titik bakar dari semua hasil minyak bumi kecuali minyak bakar dan bahan-bahan lainnya yang mempunyai titik nyala oven cup kurang dari 79°C. Titik nyala adalah suhu pada saat terlihat nyala singkat pada suatu titik di atas permukaan aspal. Titik bakar adalah suhu terlihat nyala sekurang-kurangnya 5 detik pada suatu titik di atas permukaan aspal. Pengujian penetrasi dilakukan di Laboratorium Institut Teknologi Nasional Malang. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 4.13.

Tabel 4.13 Hasil Pengujian Titik Nyala Dan Titik Bakar Aspal

Persiapan contoh	Contoh dipanaskan	Pembacaan suhu aspal
	Mulai jam : 08.50 WIB	140 °C
	Selesai jam : 09.50 WIB	

Menuang contoh	Penuangan contoh	Pembacaan suhu menuang
	Mulai jam : 09.50 WIB	140 °C
	Selesai jam : 10.00 WIB	

Kenaikan suhu contoh	Sampai 56°C di bawah titik nyala	
	Mulai jam : 10.31 WIB	15°C per menit
	Selesai jam : 10.44 WIB	
	antara 56 s/d 28°C di bawah titik nyala	
	Mulai jam : 10.44 WIB	5°C s/d 6°C per menit
	Selesai jam : 10.46 WIB	
		Titik nyala perkiraan = 320 °C

°C di bawah titik nyala	Waktu	°C	Titik Nyala
56	10.43 WIB	264	
51	10.44 WIB	269	
46	10.44 WIB	274	
41	10.44 WIB	279	
36	10.44 WIB	284	
31	10.44 WIB	289	
26	10.45 WIB	294	
21	10.45 WIB	299	302 nyala
16	10.46 WIB	304	304 bakar
11			
6			
1			

Catatan:

Titik nyala = 302 °C, Titik bakar = 304 °C

4.2.2.1 Hasil Pengujian

Hasil rata-rata pengujian ganda (duplo) dilaporkan sebagai titik nyala pada benda uji sebagai berikut :

10.45", (302) Titik Nyala

10.46", (304) Titik Bakar

Kesimpulan :

Dari hasil pengujian, titik nyala didapatkan sebesar 302°C yaitu pada saat kondisi alat penguji menyala dan titik bakar 304°C, dan dimana titik nyala telah memenuhi persyaratan aspal keras dengan penetrasi 60/70 yaitu minimal 232°C.

4.2.3 Hasil Pengujian Titik Lembek Aspal Dan Ter(AASHTO T-53-89)

Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan titik lembek aspal dan ter yang berkisar antara 30°C sampai 200°C. Yang dimaksud dengan titik lembek adalah suhu pada saat bola baja dengan berat tertentu, mendesak turun suatu aspal yang tertahan dalam cincin berukuran tertentu, sehingga aspal dan tersebut menyentuh pelat dasar yang terletak di bawah cincin pada tinggi tertentu, sebagai akibat kecepatan pemanasan tertentu. Pengujian penetrasi dilakukan di Laboratorium Institut Teknologi Nasional Malang. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 4.14 dan 4.15.

Tabel 4.15 Hasil Pengujian Titik Lembek Aspal Dan Ter Sebelum Kehilangan Berat

Mendinginkan contoh	Didiamkan pada suhu ruang	Pembacaan suhu ruang
	Mulai jam : 10.00 WIB	27 °C
	Selesai jam : 11.00 WIB	

Mencapai suhu pemeriksaan	Didiamkan pada suhu 5°C	Pembacaan suhu es
	Mulai jam : 12.30 WIB	0 °C
	Selesai jam : 12.43 WIB	

Pemeriksaan titik lembek	Mulai jam : 12.43 WIB
	Selesai jam : 13.03 WIB

Suhu yang diamati		Waktu		Titik lembek °C	
°C	°F	Benda Uji I	Benda Uji II	Benda Uji I	Benda Uji II
0		15,03	15,03		
5		15,09	15,09		
10		15,13	15,13		
15		15,16	15,16		
20		15,18	15,18		
25		15,20	15,20		
30		15,21	15,21		
35		15,23	15,23		
40		15,25	15,25		
45		15,27	15,27	15,27 (53° C)	15,27 (55° C)

Catatan :
Titik lembek setelah kehilangan berat = 54°C dalam 24 menit pemeriksaan

Tabel 4.15 Hasil Pengujian Titik Lembek Aspal Dan Ter Sesudah Kehilangan Berat

Mendinginkan contoh	Didiamkan pada suhu ruang
	Mulai jam : 16.00 WIB
	Selesai : 17.00 jam WIB

Mencapai suhu pemeriksaan	Didiamkan pada suhu 5°C	Pembacaan suhu es
	Mulai jam : 18.30 WIB	0 °C
	Selesai : 18.45 jam WIB	

Pemeriksaan titik lembek	Mulai jam : 18.45 WIB
	Selesai : 19.05 jam WIB

Suhu yang diamati		Waktu		Titik lembek °C	
°C	°F	Benda Uji I	Benda Uji II	Benda Uji I	Benda Uji II
0		13,33	13,33		
5		13,41	13,41		
10		13,45	13,45		
15		13,48	13,48		
20		13,50	13,50		
25		13,52	13,52		
30		13,53	13,53		
35		13,55	13,55		
40		13,57	13,57		
45		13,58	13,58		
50		14,00	14,00	14,00 (49° C)	14,00 (51° C)

Catatan :

Titik lembek setelah kehilangan berat = 50°C dalam 20 menit pemeriksaan

4.2.3.1 Hasil Pengujian

Suhu pada saat setiap bola baja menyentuh pelat dasar dilaporkan, suhu titik lembek bahan bersangkutan dari hasil pengamatan rata-rata dilaporkan dan dibulatkan sampai 0,5°C terdekat untuk tiap percobaan ganda(duplo).

Kesimpulan :

Hasil pengamatan titik lembek aspal sebelum kehilangan berat adalah 54 °C, sedangkan pada pemeriksaan titik lembek sesudah kehilangan berat adalah 50 °C. Hasil tersebut telah memenuhi persyaratan Depkimpraswil 2002 untuk titik lembek aspal yang ditentukan yaitu minimum 48 °C dan maksimum 58 °C. Sehingga aspal tersebut dapat digunakan sebagai bahan campuran.

4.2.4 Hasil Pengujian Daktilitas Aspal (*AASHTO T-51-81*)

Pengujian ini adalah untuk mengukur jarak terpanjang yang dapat ditarik antara dua cetakan yang berisi bitumen keras sebelum putus, pada suhu dan kecepatan tertarik. Fungsi dari pengujian ini untuk mengetahui sifat getas dari aspal tersebut, aspal yang digunakan aspal penetrasi 60/70 dari PT. Pertamina. Pengujian daktilitas aspal dilakukan di Laboratorium Institut Teknologi Nasional Malang. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 4.16 dan 4.17.

Tabel 4.16 Hasil Pengujian Daktilitas Aspal Sebelum Kehilangan Berat

Persiapan contoh	Contoh dipanaskan	Pembacaan suhu aspal
	Mulai jam : 08.50 WIB	140 °C
	Selesai jam : 10.00 WIB	
Mendinginkan contoh	Didiamkan pada suhu ruang	Pembacaan suhu ruang
	Mulai jam : 10.00 WIB	27 °C
	Selesai jam : 11.00 WIB	
Mencapai suhu pemeriksaan	Direndam pada suhu 25°C	Pembacaan suhu water bath
	Mulai jam : 11.00 WIB	25 °C
	Selesai jam : 12.30 WIB	
Pemeriksaan Daktilitas	Mulai jam : 12.30 WIB	Pembacaan suhu alat
	Selesai jam : 13.00 WIB	25°C

Daktilitas pada 25°C dengan kecepatan mesin 5 cm per menit :

Pengamatan	1	2
Pembacaan	> 100 cm	> 100 cm
Rata-rata	> 100 cm	

Catatan :

Daktilitas sebelum kehilangan berat = > 100 cm

Tabel 4.17 Hasil Pengujian Daktilitas Aspal Sesudah Kehilangan Berat

Mendinginkan contoh	Didiamkan pada suhu ruang
	Mulai jam : 16.00 WIB
	Selesai jam : 17.00 WIB

Mencapai suhu pemeriksaan	Direndam pada suhu 25°C	Pembacaan suhu water bath
	Mulai jam : 17.00 WIB	25 °C
	Selesai jam : 18.30 WIB	

Pemeriksaan Daktilitas	Mulai jam : 18.30 WIB	Pembacaan suhu alat
	Selesai jam : 19.00 WIB	25°C

Daktilitas pada 25°C dengan kecepatan mesin 5 cm per menit :

Pengamatan	1	2
Pembacaan	> 100 cm	> 100 cm
Rata-rata	> 100 cm	

Catatan :

Daktilitas setelah kehilangan berat = > 100 cm

4.2.4.1 Hasil Pengujian

Hasil rata-rata dari tiga benda uji normal diamati sebagai harga daktilitas contoh tersebut. Apabila benda uji menyetuh dasar mesin uji atau terpanjang pada permukaan air maka pengujian dianggap gagal dan tidak normal. Untuk menghindari hal semacam ini maka berat jenis air harus disesuaikan dengan berat jenis benda uji dengan menambah methyl alkohol atau sodium klorida.

Kesimpulan :

1. Hasil pengujian daktilitas aspal sebelum dan sesudah kehilangan berat didapatkan nilai rata-rata sebesar 100 cm
2. Kedua daktilitas tersebut memenuhi syarat Depkimpraswil 2002 yaitu minimum 100 cm

4.2.5 Pengujian Berat Jenis Bitumen Keras Dan Ter(AASHTO T-51-81)

Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan berat jenis bitumen keras dengan piknometer. Berat jenis bitumen adalah perbandingan antara berat bitumen akan berat air suling dengan isi yang sama pada suhu tertentu. Fungsi dari pengujian ini untuk mengetahui kemurnian aspal tersebut tanpa tercampur bahan lain. Aspa yang digunakan aspal penetrasi 60/70 dari PT. Pertamina. Pengujian berat jenis aspal dan ter dilakukan di Laboratorium Institut Teknologi Nasional Malang. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 4.17.

Tabel 4.18 Hasil Pengujian Berat Jenis Bitumen Keras Dan Ter

Persiapan contoh	Contoh dipanaskan	Pembacaan suhu aspal
	Mulai jam : 08.50 WIB	140 °C
	Selesai jam : 10.00 WIB	

Mendinginkan contoh	Didiamkan pada suhu ruang	Pembacaan suhu ruang
	Mulai jam : 10.00 WIB	27 °C
	Selesai jam : 11.00 WIB	

Mencapai suhu pemeriksaan	Direndam pada suhu 25°C	Pembacaan suhu water bath
	Mulai jam : 11.00 WIB	25 °C
	Selesai jam : 12.30 WIB	

Pemeriksaan Berat Jenis	Mulai jam : 12.30 WIB	Pembacaan suhu water bath
	Selesai jam : 12.40 WIB	25°C

	Sampel I	Sampel II
Berat piknometer + air	65,9	65,9
Berat piknometer	28,8	28,8
Berat air (= isi piknometer)	37,1	37,1

Berat piknometer + contoh	50,6	53,3
Berat piknometer	28,8	28,8
Berat contoh	21,8	24,5

Berat pikno + air + contoh	66,3	66,5
Berat piknometer + contoh	50,6	53,3
Berat air	16	13,2

Isi bitumen	21,4	23,9
Berat Jenis		
:		
$\frac{\text{Berat contoh}}{\text{Berat air sebanyak isi bitumen}}$	1,02	1,03

Catatan :	Berat jenis =	1,025
-----------	---------------	-------

4.2.5.1 Hasil Pengujian

Hitunglah berat jenis dengan rumus :

$$BJ = \frac{(C - A)}{(B - A) - (D - C)}$$

Dimana :

- A = berat piknometer (dengan penutup) (gr)
- B = berat piknometer berisi air (gr)
- C = berat piknometer berisi aspal (gr)
- D = berat piknometer berisi aspal dan air (gr)

Kesimpulan :

Hasil pengujian berat jenis aspal penetrasi 60/70 pada sampel I didapatkan sebesar 1,02 dan sampel II didapatkan 1,028 dari kedua sampel diambil rata-rata didapatkan sebesar 1,025 , dari hasil pengujian tersebut telah memenuhi persyaratan Depkimpraswil 2002 untuk pengujian berat jenis aspal yang ditentukan sebesar yaitu minimum 1.

4.2.6 Hasil Pengujian Penurunan Berat Minyak Dan Aspal (*AASHTO T-226-79*)

Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui kadar minyak yang terkandung didalam aspal, semakin lama aspal terkena panas akan semakin turun kadar minyaknya. Aspal yang digunakan aspal penetrasi 60/70 dari PT. Pertamina. Pengujian penirinan berat minyak dan aspal dilakukan di Laboratorium Institut Teknologi Nasional Malang. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 4.19.

Tabel 4.19 Hasil Pengujian Berat Jenis Bitumen Keras Dan Ter

Persiapan contoh	Contoh dipanaskan	Pembacaan suhu aspal
	Mulai jam : 08.50 WIB	150 °C
	Selesai jam : 10.00 WIB	

Mendinginkan contoh	Didiamkan pada suhu ruang	Pembacaan suhu ruang
	Mulai jam : 10.00 WIB	27 °C
	Selesai jam : 11.00 WIB	

Pemeriksaan kehilangan berat pada 163°C	Mulai jam : 11.00 WIB	Pembacaan suhu dlm contoh
	Selesai jam : 16.00 WIB	163 °C

	Sampel I	Sampel II	Sampel III	Sampel IV
Berat cawan + aspal keras	69,6	69,4	69,7	
Berat cawan kosong	13,2	13,1	13	
Berat aspal keras	56,4	56,3	56,7	

Berat sebelum pemanasan	69,6	69,4	69,7	
Berat sesudah pemanasan	69,4	69,3	69,6	
Kehilangan berat	0,2	0,1	0,1	
Kehilangan berat dlm %	0,287	0,144	0,143	
Rata-rata (%)	0,192			

Catatan :
Kehilangan berat rata-rata = 0,192 %

4.2.6.1 Hasil Pengujian

Hitunglah penurunan berat dengan rumus :

$$\text{Penurunan berat} = \frac{A - B}{A} \times 100 \%$$

Dimana :

A = berat cawan + contoh sebelum diuji(gr)

B = berat cawan + contoh setelah diuji (gr)

Untuk Thin Film Oven Test bandingkan nilai penetrasi, titik lembek dan daktilitas sebelum dan setelah dimasukkan dalam oven.

Perhitungan :

Pada sampel I :

A = 69,6

B = 69,4

$$\text{Penurunan berat} = \frac{69,6 - 69,4}{69,4} \times 100\% = 0\%$$

Dengan cara rata-rata didapatkan hasil pengujian untuk sampel I, II dan III adalah 0,192 %

$$\text{Rata - rata} = \frac{(0,287 + 0,144 + 0,143)\%}{3} = 0,192\%$$

Kesimpulan :

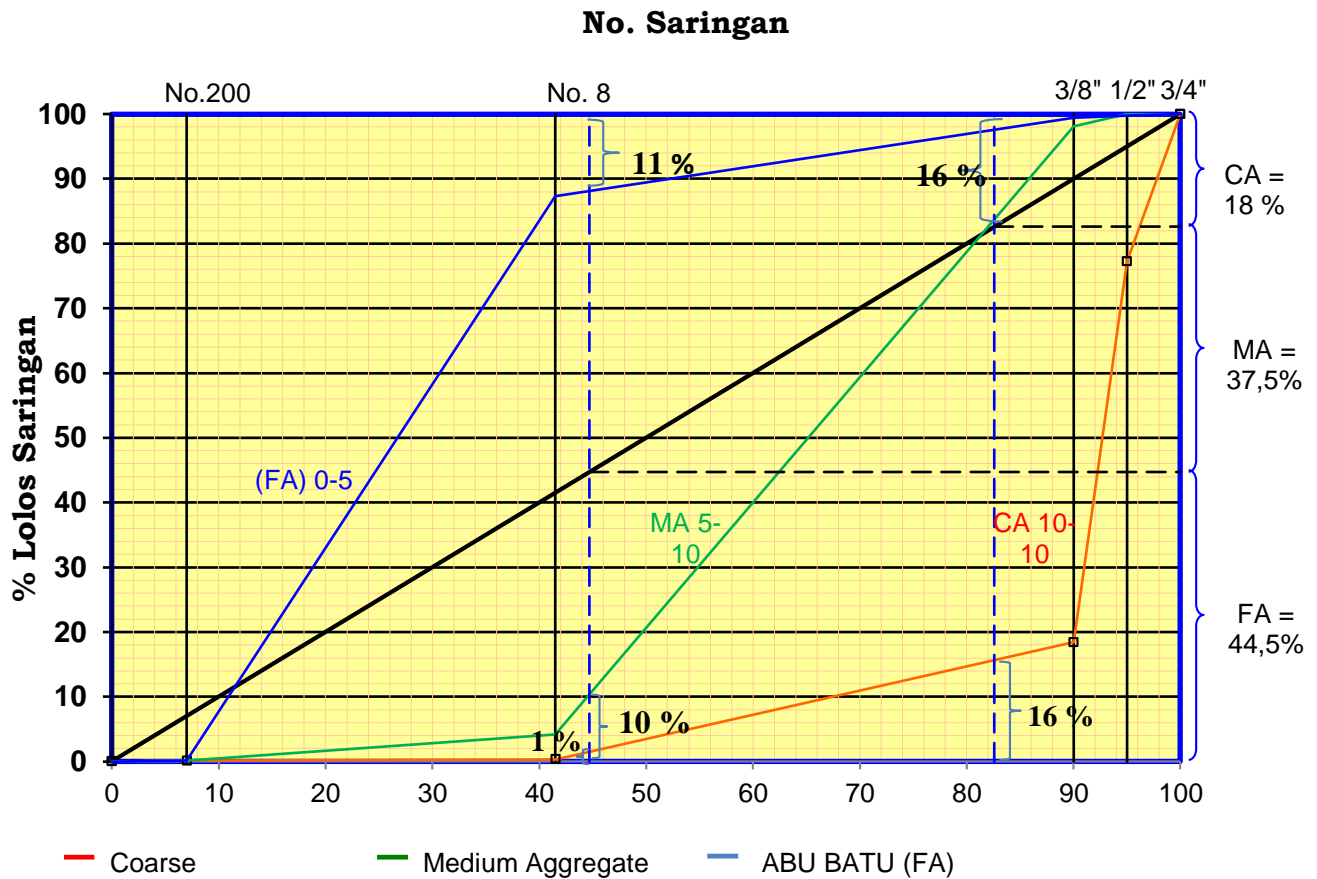
Hasil pengujian penuruna berat minyak dan aspal dan aspal didapatkan nilai sebesar 0,192 %, maka aspal tersebut memenuhi persyaratan Depkimprawil 2002 yaitu maksimum 0,4 %.

4.3 Perencanaan Komposisi Campuran

4.3.1 Perhitungan Persentase Agregat Dengan Metode Grafis

Setelah dilakukan pemeriksaan dan analisa gradasi untuk mengetahui berat dan prosentase agregat yang lolos pada masing-masing saringan, maka selanjutnya dihitung proporsi agregat dalam campuran dengan menggunakan metode Grafis seperti pada grafik dan tabel komposisi campuran agregat dibawah ini :

Grafik 4.1 Grafik Diagonal Komposisi Campuran Agregat



Keterangan :

- **Garis 1 : Agregat Halus = Agregat Kasar + Agregat Sedang**
- **Garis 2 : Agregat Sedang = Agregat Kasar**

Dengan

cara coba-coba

➤ Garis I (Garis putus-putus kiri) : 11 % FA = 1 % CA + 10 % MA

➤ Garis 2 (Garis putus-putus kanan) : 16 % MA = 16 % CA

Garis 1 dengan garis diagonal didapatkan

FA = 44,5 %

Garis 2 dengan garis diagonal didapatkan

CA = 18 %

Sehingga $MA = 100 \% - FA - CA$

$= 100 \% - 44,5 \% - 10,5 \%$

MA = 37,5 %

Hasil dari plot grafik di atas didapatkan persentase agregat yang belum termasuk Filler (FF) sebagai berikut :

CA = 18 %

MA = 37,5 %

FA = 44,5 %

Tabel 4.20 Komposisi Campuran Persentase Agregat Spesifikasi AC-WC

ukuran saringan		CA 10/10	MA 5/10	FA 0/5	FF	CA 10/10	MA 5/10	FA 0/5	FF	total	Spesifikasi AC-WC
		%lolos	%lolos	%lolos	%lolos	16,83	35,06	41,61	6,50		
3/4"	19 mm	100,00	100,00	100,00	100,00	16,83	35,06	41,61	6,50	100,00	100 - 100
1/2"	12,5 mm	77,24	100,00	99,76	100,00	13,00	35,06	41,51	6,50	96,07	90 - 100
3/8"	9,5 mm	18,41	98,13	99,39	100,00	3,10	34,41	41,36	6,50	85,36	MAX 90
No.8	2,36 mm	0,34	4,17	87,34	100,00	0,06	1,46	36,34	6,50	44,36	25 - 58
No.200	0,075 mm	0,13	0,10	0,10	100,00	0,02	0,03	0,04	6,50	6,60	4 - 10

Langkah Perhitungan untuk menentukan filler (FF) :

$$\begin{aligned}
 \text{➤ } CA_2 &= CA_1 \times \left(\frac{100 - ff}{100} \right) \\
 &= 18 \times \left(\frac{100 - 6,5}{100} \right) \\
 &= 16,83 \%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{➤ } MA_2 &= MA_1 \times \left(\frac{100 - ff}{100} \right) \\
 &= 37,5 \times \left(\frac{100 - 6,5}{100} \right) \\
 &= 35,06 \%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{➤} \quad NS_2 &= FA_1 \times \left(\frac{100 - ff}{100} \right) \\
 &= 44,5 \times \left(\frac{100 - 6,5}{100} \right) \\
 &= 41,61 \%
 \end{aligned}$$

Maka didapatkan prosentase campuran, % CA₂ + % MA₂ + % NS₂ + % FF = 100 %

$$16,83 \% + 35,06 \% + 41,61 \% + 6,5 \% = 100 \%$$

4.4 Komposisi Campuran Untuk Variasi Aspal

Setelah Proporsi masing-masing agregat diketahui, maka dilakukan perhitungan kadar aspal awal yang nantinya digunakan sebagai acuan dalam menentukan variasi kadar aspal. Variasi kadar aspal berdasarkan Depkimpraswil 2002 dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$P = 0,035 \times (CA_2 + MA_2) + (0,045 \times FA_2) + (0,18 \times FF) + K$$

Dimana :

P = kadar aspal tengah, persen terhadap berat campuran

CA = persen agregat tertahan saringan no. 8

FA = persen agregat lolos saringan no. 8 dan tertahan saringan no. 200

FF = Persen agregat minimal 75 % lolos saringan no. 200

K = konstanta (0,5-1 untuk laston dan 2-3 untuk lataston)

Persentase agregat komposisi spesifikasi AC-WC sebagai berikut :

$$CA = 16,83 \%$$

$$MA = 35,06 \%$$

$$FA = 41,61 \%$$

$$FF = 6,5 \%$$

Berdasarkan rumus di atas, pada komposisi campuran Asphalt Concret Wearing Course (AC-WC) didapat nilai aspal tengah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} P &= 0,035 \times (CA_2 + MA_2) + (0,045 \times FA_2) + (0,18 \times FF) + 0,75 \\ &= 0,035 \times (16,83 + 35,06) + (0,045 \times 41,61) + (0,18 \times 6,5) + 0,75 \\ &= 5,61 \gg \text{Dibulatkan menjadi } 6,0 \text{ (Konstanta).} \end{aligned}$$

Jika kadar aspal yang diperoleh dibulatkan menjadi a%, maka digunakan variasi (a-1)%, (a-0,5)%, (a)%, (a+0,5)%, (a+0,5)% dan (a+1)%, untuk mencari kadar aspal optimum dengan asphalt tengah 6 % dibuat dengan 5 variasi kadar aspal sebagai berikut:

5 %, 5,5 %, 6 % , 6,5 %, 7 %

Tabel 4.21 Perencanaan Komposisi Campuran

Persentase Aspal		5	5,5	6	6,5	7
CA 10/10	16,83 %	191,9	190,9	189,8	188,8	187,8
MA 5/10	35,06 %	399,7	397,6	395,5	393,4	391,3
FA 0/5	41,61 %	474,3	471,8	469,3	466,8	464,3
FF	6,50 %	74,1	73,7	73,3	72,9	72,5
Total	100 %	1140	1134	1128	1122	1116

brt aspal	gr	60	66	72	78	84
brt agregat	gr	1140	1134	1128	1122	1116
Total	gr	1200	1200	1200	1200	1200

Contoh perhitungan untuk variasi kadar aspal 5 %

Kadar aspal total yang dibutuhkan :

Kadar aspal 5 % x 1200 = 60 gr

Total Berat = 1200 gr

Berat Aspal = 60 gr

Berat Total agregat = 1140 gr

Agregat Kasar = 16,83 % x 1140 = 191,9 gr

Agregat Sedang = 35,06 % x 1140 = 399,7 gr

Agregat Halus = 41,61 % x 1140 = 6,50 gr

Filler = 6,5 % x 1140 = 74,1 gr +

Berat Total Aspal + Agregat + Filler = 1200 gr

4.5 Marshal Test

4.5.1 Maksud dan Tujuan

Metode pengujian campuran aspal ini dimaksudkan sebagai acuan dan pegangan dalam pelaksanaan pengujian campuran aspal dengan alat Marshall. Sedangkan tujuan dari pengujian ini adalah untuk menyeragamkan cara mendapat suatu campuran aspal yang memenuhi ketentuan-ketentuan yang telah ditetapkan dalam kriteria perencanaan. Hasil-hasil dari pengujian dijadikan acuan dalam mendapatkan kadar aspal optimum (KAO). Pengujian Marshall dilakukan di Laboratorium Institut Teknologi Nasional Malang.

4.5.2 Hasil Pengujian

Hasil pengujian Marshall Test didapatkan nilai-nilai sebagai berikut :

- a. Stabilitas (Kg)
- b. Flow (mm)
- c. Prosentase rongga terhadap campuran VIM (%)
- d. Prosentase rongga terhadap agregat VMA (%)
- e. Prosentase rongga terhadap aspal VFB (%)
- f. Marshall Quotient (Kg/mm)

Nilai stabilitas Marshall ditunjukkan dengan beban maksimum yang mampu ditahan oleh benda uji sebelum terjadi kerutuhan. Sedangkan nilai flow ditentukan oleh besarnya nilai deformasi pada saat pembacaan arloji ketika terjadi beban maksimum yang diterima benda uji sebelum kerutuhan.

Dari data tersebut di atas , selanjutnya dibuat grafik hubungan antara lain :

- a. Persentase Aspal (%) terhadap Stabilitas (Kg)
- b. Persentase Aspal (%) terhadap Flow (mm)
- c. Persentase Aspal (%) terhadap VIM (%)
- d. Persentase Aspal (%) terhadap VMA (%)
- e. Persentase Aspal (%) terhadap VFB (%)
- f. Persentase Aspal (%) terhadap Marshall Quotient (Kg/mm)

BAB V

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

5.1 Perhitungan Mencari Kadar Filler Optimum (KFO) menggunakan Lumpur Lapindo

5.1.1 Data Hasil Pengujian Test Marshall

Hasil pengujian Marshall kemudian dihitung menggunakan software Microsoft Excell dan hasilnya ditabelkan. Data-data ditampilkan dalam tabel hasil uji test Marshall sebagai berikut :

Keterangan Tabel :

Kadar Aspal = 6%

Kadar Filler Serbuk Arang Batok Kelapa = 0%

Nomer Benda Uji = 1

BJ agregat = 2.68

BJ aspal = 1.025

a) Diameter = 10,16 cm

b) Tinggi 1 = 6,40 cm

c) Tinggi 2 = 6,29 cm

d) Tinggi 3 = 6,28 cm

e) Tinggi 3 = 6,29 cm

f) Tinggi rata-rata = $\frac{(6,40 + 6,29 + 6,28 + 6,29)}{4} * 10 = 63,15 \text{ mm}$

$$\begin{aligned}
 \text{g) \% aspal thd agregat} &= \frac{\% \text{Aspal} \times 12}{1200 - \% \text{Aspal} \times 12} * 100 \\
 &= \frac{6 \times 12}{1200 - 6 \times 12} * 100 \\
 &= 6.38 \% P
 \end{aligned}$$

$$\text{h) \% aspal thd campuran} = 6\%$$

$$\text{i) Berat sampel} = 1150.0 \text{ gram}$$

$$\text{j) Berat SSD} = 1159.2 \text{ gram}$$

$$\text{k) Berat dalam air} = 667,6 \text{ gram}$$

$$\text{l) Isi gram} = \text{Berat SSD} - \text{Berat dalam air}$$

$$= 1159.2 - 667.6$$

$$= 491,60 \text{ gram}$$

$$\text{m) Berat isi} = \frac{\text{Berat sampel}}{\text{Isi}}$$

$$= \frac{1150,0}{491,60}$$

$$= 2,339$$

$$\text{n) BJ maksimum teoritis}$$

$$\begin{aligned}
 &= 100 / (((28 * (100 - 5,50)) / 100) / 2,64) + (((18 * (100 - \\
 &5,50)) / 100) / 2,64) + (((54 * (100 - 5,50)) / 100) / 2,28) + (5,50 / 1,02))
 \end{aligned}$$

$$= 2,441$$

$$o) \left(\frac{\% \text{ aspal thd campuran} * \text{berat isi}}{BJ \text{ aspal}} \right) = \frac{6 * 2,339}{1,025} = 13.693$$

$$p) \frac{(100 \% \text{ aspal thd campuran}) * \text{berat isi}}{Bj \text{ agregat}} = \frac{(100 - 6) * 2,339}{2,68} = 82,135$$

q) Jumlah kandungan rongga

$$= 100 - \frac{\% \text{ aspal thd campuran} - \text{berat isi}}{BJ \text{ aspal}} - \frac{(100 \% \text{ aspal thd campuran})}{Bj \text{ agregat}}$$

$$= 100 - 13.693 - 82,135$$

$$= 4.17$$

$$r) \text{ Rongga thd agregat VMA} = 100 - \frac{(100 \% \text{ aspal thd campuran})}{Bj \text{ agregat}}$$

$$= 100 - 82,135$$

$$= 17.865$$

s) Rongga terisi aspal VFA =

$$\frac{100 (\% \text{ aspal thd campuran} * \text{berat isi} / Bj \text{ agregat})}{\% \text{ rongga thd agregat VMA}}$$

$$= \frac{100 - 13.693}{17.865} = 76.649$$

t) %Rongga dlm campuran VIM

$$= 100 - (100 * (\frac{\text{berat isi}}{\text{Bj maksimum teoritis}}))$$

$$= 100 - (100 * (\frac{2,339}{2,441}))$$

$$= 4,155$$

u) Pembacaan arloji stabilitas = 82,00

v) Lbf = nilai interpolasi factor kalibrasi

$$= 2410,80$$

w) Kg = 2322.60 * 0.44482 = 1072,37

y) Koreksi (tebal) = 1.011

z) Stabilitas (dengan koreksi benda uji) = Kg * Koreksi (tebal)

$$= 1072,37 * 1.011$$

$$= 1083,74$$

a) Flow = 3,60

$$\text{aa) Marshall Quotient} = \frac{\text{Stabilitas}}{\text{Flow}} = \frac{1083,74}{3,60} = 301,04$$

Tabel 5.1 Perhitungan Marshall Test Campuran AC-WC Direndam Dalam Water Bath Selama 30 menit Pada Suhu 60 °C

(Kadar Filler Lumpu Lapindo 0%)

Kadar Aspal		6 %				
Kadar FF LL : AB		0% : 100%				
No. Benda Uji		1	2	3	4	5
a	Diameter (cm)	10,16	10,23	10,12	10,12	10,28
b	Tinggi 1 (cm)	6,40	6,50	6,63	6,63	6,55
c	Tinggi 2 (cm)	6,29	6,65	6,57	6,73	6,56
d	Tinggi 3 (cm)	6,28	6,65	6,52	6,64	6,54
e	Tinggi 4 (cm)	6,29	6,65	6,57	6,73	6,56
f	Tinggi rata-rata (mm)	63,15	66,13	65,73	66,83	65,53
g	% aspal thd agregat	6,38	6,38	6,38	6,38	6,38
h	% aspal thd campuran	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00
i	Berat sampel (gram)	1150,0	1141,2	1200,1	1222,3	1185,0
j	Berat SSD (gram)	1159,2	1151,5	1210,7	1230,7	1194,5
k	Berat dalam air (gram)	667,6	675,2	690,7	706,3	687,4
l	Isi (gram)	491,60	476,30	520,00	524,40	507,10
m	Berat isi	2,339	2,396	2,308	2,331	2,337
n	BJ maksimum teoritis	2,441	2,441	2,441	2,441	2,441
o	(g*l)/bj aspal)	13,693	14,025	13,510	13,644	13,679
p	((100-g)*l)/bj agregat	82,135	84,124	81,032	81,838	82,048
q	Jumlah kandungan rongga (%)	4,172	1,85	5,46	4,52	4,27
r	% rongga thd agregat VMA	17,865	15,876	18,968	18,162	17,952
s	% rongga terisi aspal VFA	76,649	88,344	71,222	75,125	76,195
t	% rongga dlm campuran VIM	4,155	1,833	5,442	4,501	4,256
u	Pembacaan arloji stabilitas	82,00	83,00	80,00	83,00	80,00
v	lbf	2410,80	2440,20	2352,00	2440,20	2352,00
w	kg	1072,37	1085,45	1046,22	1085,45	1046,22
x	koreksi (tebal)	1,011	0,933	0,944	0,914	0,949
y	Stabilitas lbf (dg koreksi)	2436,36	2276,51	2219,33	2230,60	2231,82
z	Stabilitas kg (dg koreksi)	1083,74	1012,64	987,20	992,21	992,76
aa	Flow	3,6	3,50	3,30	3,90	3,40
ab	Marshall Quotient	301,04	289,32	299,15	254,41	291,99

Tabel 5.2 Perhitungan Marshall Test Campuran AC-WC Direndam Dalam Water Bath Selama 30 menit Pada Suhu 60 °C

(Kadar Filler Lumpur Lapindo 30%)

Kadar Aspal		6 %				
Kadar FF LL : AB		30% : 70%				
No. Benda Uji		1	2	3	4	5
a	Diameter (cm)	10,13	10,18	10,16	10,19	10,18
b	Tinggi 1 (cm)	6,39	6,44	6,57	6,43	6,45
c	Tinggi 2 (cm)	6,46	6,51	6,47	6,41	6,54
d	Tinggi 3 (cm)	6,43	6,53	6,46	6,42	6,45
e	Tinggi 4 (cm)	6,46	6,51	6,47	6,41	6,54
f	Tinggi rata-rata (mm)	64,36	64,96	64,92	64,17	64,93
g	% aspal thd agregat	6,38	6,38	6,38	6,38	6,38
h	% aspal thd campuran	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00
i	Berat sampel (gram)	1182,6	1181,9	1188,8	1182,2	1189,8
j	Berat SSD (gram)	1193,2	1193,8	1198,7	1194,1	1198,8
k	Berat dalam air (gram)	689,1	688,6	690,1	689,1	685,5
l	Isi (gram)	504,10	505,20	508,60	505,00	513,30
m	Berat isi	2,346	2,339	2,337	2,341	2,318
n	BJ maksimum teoritis	2,441	2,441	2,441	2,441	2,441
o	(g*l)/bj aspal)	13,732	13,694	13,682	13,703	13,568
p	((100-g)*l)/bj agregat	82,369	82,141	82,068	82,194	81,385
q	Jumlah kandungan rongga (%)	3,899	4,16	4,25	4,10	5,05
r	% rongga thd agregat VMA	17,631	17,859	17,932	17,806	18,615
s	% rongga terisi aspal VFA	77,887	76,680	76,301	76,960	72,889
t	% rongga dlm campuran VIM	3,882	4,148	4,233	4,086	5,030
u	Pembacaan arloji stabilitas	83,00	90,00	87,00	84,00	88,00
v	lbf	2440,20	2646,00	2557,80	2469,60	2587,20
w	kg	1085,45	1176,99	1137,76	1098,53	1150,84
x	koreksi (tebal)	0,979	0,964	0,965	0,984	0,965
y	Stabilitas lbf (dg koreksi)	2390,08	2550,05	2467,90	2430,88	2495,58
z	Stabilitas kg (dg koreksi)	1063,16	1134,31	1097,77	1081,30	1110,09
aa	Flow	4,3	4,40	4,10	4,00	4,60
ab	Marshall Quotient	247,25	257,80	267,75	270,33	241,32

Tabel 5.3 Perhitungan Marshall Test Campuran AC-WC Direndam Dalam Water Bath Selama 30 menit Pada Suhu 60 °C

(Kadar Filler Lumpur Lapindo 40 %)

Kadar Aspal		6 %				
Kadar FF LL : AB		40% : 60 %				
No. Benda Uji		1	2	3	4	5
a	Diameter (cm)	10,14	10,31	10,17	10,19	10,20
b	Tinggi 1 (cm)	6,34	6,26	6,41	6,39	6,31
c	Tinggi 2 (cm)	6,35	6,35	6,43	6,43	6,23
d	Tinggi 3 (cm)	6,45	6,30	6,54	6,50	6,31
e	Tinggi 4 (cm)	6,35	6,35	6,43	6,43	6,23
f	Tinggi rata-rata (mm)	63,73	63,14	64,52	64,40	62,70
g	% aspal thd agregat	6,38	6,38	6,38	6,38	6,38
h	% aspal thd campuran	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00
i	Berat sampel (gram)	1183,9	1184,3	1197,1	1186,1	1188,2
j	Berat SSD (gram)	1190,7	1195,2	1206,4	1194,9	1196,2
k	Berat dalam air (gram)	685,6	683,6	693,5	685,9	688,0
l	Isi (gram)	505,10	511,60	512,90	509,00	508,20
m	Berat isi	2,344	2,315	2,334	2,330	2,338
n	BJ maksimum teoritis	2,441	2,441	2,441	2,441	2,441
o	(g*I)/bj aspal	13,720	13,551	13,662	13,641	13,686
p	((100-g)*I)/bj agregat	82,296	81,278	81,948	81,817	82,091
q	Jumlah kandungan rongga (%)	3,984	5,17	4,39	4,54	4,22
r	% rongga thd agregat VMA	17,704	18,722	18,052	18,183	17,909
s	% rongga terisi aspal VFA	77,498	72,377	75,684	75,019	76,421
t	% rongga dlm campuran VIM	3,967	5,155	4,373	4,525	4,206
u	Pembacaan arloji stabilitas	83,00	80,00	86,00	83,00	82,00
v	lbf	2440,20	2352,00	2528,40	2440,20	2410,80
w	kg	1085,45	1046,22	1124,68	1085,45	1072,37
x	koreksi (tebal)	0,996	1,011	0,975	0,978	1,022
y	Stabilitas lbf (dg koreksi)	2430,11	2377,38	2465,79	2387,70	2464,35
z	Stabilitas kg (dg koreksi)	1080,96	1057,51	1096,83	1062,10	1096,19
aa	Flow	4,5	4,60	4,90	4,70	4,80
ab	Marshall Quotient	240,21	229,89	223,84	225,98	228,37

**Tabel 5.4 Perhitungan Marshall Test Campuran AC-WC Direndam Dalam
Water Bath Selama 30 menit Pada Suhu 60 °C
(Kadar Filler Lumpur Lapindo 50 %)**

Kadar Aspal		6 %				
Kadar FF LL : AB		50% : 50%				
No. Benda Uji		1	2	3	4	5
a	Diameter (cm)	10,20	10,14	10,29	10,19	10,17
b	Tinggi 1 (cm)	6,40	6,52	6,29	6,43	6,74
c	Tinggi 2 (cm)	6,41	6,59	6,32	6,35	6,86
d	Tinggi 3 (cm)	6,51	6,64	6,40	6,35	6,80
e	Tinggi 4 (cm)	6,41	6,59	6,32	6,35	6,86
f	Tinggi rata-rata (mm)	64,34	65,85	63,32	63,70	68,14
g	% aspal thd agregat	6,38	6,38	6,38	6,38	6,38
h	% aspal thd campuran	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00
i	Berat sampel (gram)	1190,6	1187,4	1196,1	1185,2	1200,0
j	Berat SSD (gram)	1203,8	1203,6	1206,5	1196,3	1224,4
k	Berat dalam air (gram)	693,1	697,2	689,3	685,8	708,6
l	Isi (gram)	510,70	506,40	517,20	510,50	515,80
m	Berat isi	2,331	2,345	2,313	2,322	2,326
n	BJ maksimum teoritis	2,441	2,441	2,441	2,441	2,441
o	(g*l)/bj aspal	13,647	13,726	13,537	13,590	13,618
p	((100-g)*l)/bj agregat	81,854	82,327	81,199	81,515	81,685
q	Jumlah kandungan rongga (%)	4,499	3,95	5,26	4,90	4,70
r	% rongga thd agregat VMA	18,146	17,673	18,801	18,485	18,315
s	% rongga terisi aspal VFA	75,206	77,666	72,003	73,519	74,356
t	% rongga dlm campuran VIM	4,482	3,930	5,247	4,878	4,680
u	Pembacaan arloji stabilitas	82,00	78,00	81,00	80,00	78,00
v	lbf	2410,80	2293,20	2381,40	2352,00	2293,20
w	kg	1072,37	1020,06	1059,29	1046,22	1020,06
x	koreksi (tebal)	0,980	0,940	1,006	0,997	0,879
y	Stabilitas lbf (dg koreksi)	2362,85	2156,06	2396,44	2343,93	2015,01
z	Stabilitas kg (dg koreksi)	1051,04	959,06	1065,99	1042,63	896,32
aa	Flow	4,8	5,00	4,90	4,50	4,60
ab	Marshall Quotient	218,97	191,81	217,55	231,70	194,85

Tabel 5.5 Perhitungan Marshall Test Campuran AC-WC Direndam Dalam Water Bath Selama 30 menit Pada Suhu 60 °C

(Kadar Filler Lumpur Lapindo 60 %)

Kadar Aspal		6 %				
Kadar FF LL : AB		60 % : 40 %				
No. Benda Uji		1	2	3	4	5
a	Diameter (cm)	10,27	10,22	10,29	10,20	10,14
b	Tinggi 1 (cm)	6,47	6,52	6,31	6,30	6,57
c	Tinggi 2 (cm)	6,39	6,46	6,42	6,37	6,58
d	Tinggi 3 (cm)	6,38	6,47	6,40	6,41	6,51
e	Tinggi 4 (cm)	6,39	6,46	6,42	6,37	6,58
f	Tinggi rata-rata (mm)	64,11	64,75	63,87	63,64	65,57
g	% aspal thd agregat	6,38	6,38	6,38	6,38	6,38
h	% aspal thd campuran	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00
i	Berat sampel (gram)	1183,2	1190,7	1187,3	1177,5	1189,8
j	Berat SSD (gram)	1196,3	1204,5	1203,3	1190,9	1198,8
k	Berat dalam air (gram)	689,3	687,2	687,6	678,3	681,5
l	Isi (gram)	507,00	517,30	515,70	512,60	517,30
m	Berat isi	2,334	2,302	2,302	2,297	2,300
n	BJ maksimum teoritis	2,441	2,441	2,441	2,441	2,441
o	$(g \cdot l) / b_j$ aspal)	13,661	13,474	13,477	13,447	13,464
p	$((100-g) \cdot l) / b_j$ agregat	81,939	80,817	80,836	80,654	80,756
q	Jumlah kandungan rongga (%)	4,400	5,71	5,69	5,90	5,78
r	% rongga thd agregat VMA	18,061	19,183	19,164	19,346	19,244
s	% rongga terisi aspal VFA	75,638	70,236	70,324	69,504	69,961
t	% rongga dlm campuran VIM	4,383	5,693	5,670	5,883	5,764
u	Pembacaan arloji stabilitas	73,00	70,00	75,00	72,00	69,00
v	lbf	2146,20	2058,00	2205,00	2116,80	2028,60
w	kg	954,67	915,44	980,83	941,59	902,36
x	koreksi (tebal)	0,986	0,969	0,992	0,998	0,948
y	Stabilitas lbf (dg koreksi)	2116,30	1994,69	2187,93	2112,94	1922,39
z	Stabilitas kg (dg koreksi)	941,37	887,28	973,24	939,88	855,12
aa	Flow	4,8	4,70	4,50	4,80	5,00
ab	Marshall Quotient	196,12	188,78	216,27	195,81	171,02

Tabel 5.6 Perhitungan Marshall Test Campuran AC-WC Direndam Dalam Water Bath Selama 24 jam Pada Suhu 60 °C

(Kadar Filler Lumpu Lapindo 0%)

Kadar FF LL : AB		0 % : 100 %				
Kadar Aspal		6 %				
No. Benda Uji		1	2	3	4	5
a	Diameter (cm)	10,17	10,19	10,23	10,23	10,19
b	Tinggi 1 (cm)	6,30	6,40	6,31	6,01	6,34
c	Tinggi 2 (cm)	6,22	6,29	6,34	6,30	6,21
d	Tinggi 3 (cm)	6,30	6,30	6,42	6,22	6,35
e	Tinggi 4 (cm)	6,35	6,40	6,38	6,30	6,29
f	Tinggi rata-rata (mm)	62,93	63,48	63,63	62,08	62,95
g	% aspal thd agregat	6,38	6,38	6,38	6,38	6,38
h	% aspal thd campuran	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00
i	Berat sampel (gram)	1171,6	1187,6	1172,8	1179,1	1189,1
j	Berat SSD (gram)	1178,3	1194,7	1183,2	1183,6	1203,4
k	Berat dalam air (gram)	679,5	689,6	685,1	680,4	695,3
l	Isi (gram)	498,80	505,10	498,10	503,20	508,10
m	Berat isi	2,349	2,351	2,355	2,343	2,340
n	BJ maksimum teoritis	2,441	2,441	2,441	2,441	2,441
o	(g*1)/bj aspal)	13,749	13,763	13,783	13,716	13,699
p	((100-g)*1)/bj agregat	82,470	82,553	82,670	82,272	82,169
q	Jumlah kandungan rongga (%)	3,781	3,68	3,55	4,01	4,131
r	% rongga thd agregat VMA	17,530	17,447	17,330	17,728	17,831
s	% rongga terisi aspal VFA	78,431	78,887	79,531	77,370	76,830
t	% rongga dlm campuran VIM	3,764	3,666	3,530	3,995	4,114
u	Pembacaan arloji stabilitas	70,00	74,00	76,00	75,00	79,00
v	lbf	2058,00	2175,60	2234,40	2205,00	2322,60
w	kg	915,44	967,75	993,91	980,83	1033,14
x	koreksi (tebal)	1,0	1,002	0,998	1,038	1,016
y	Stabilitas lbf (dg koreksi)	2092	2180,57	2230,90	2288,84	2359,09
z	Stabilitas kg (dg koreksi) 24 Jam	930,40	969,96	992,35	1018,12	1049,37
aa	Flow	4,60	4,10	4,20	3,80	4,10
ab	Marshall Quotient	202,26	236,58	236,27	267,93	255,94

Tabel 5.7 Perhitungan Marshall Test Campuran AC-WC Direndam Dalam Water Bath Selama 24 jam Pada Suhu 60 °C

(Kadar Filler Lumpur Lapindo 30 %)

Kadar FF LL : AB		30 % : 70 %				
Kadar Aspal		6 %				
No. Benda Uji		1	2	3	4	5
a	Diameter (cm)	10,20	10,20	10,10	10,19	10,18
b	Tinggi 1 (cm)	6,50	6,52	6,50	6,42	6,45
c	Tinggi 2 (cm)	6,48	6,50	6,54	6,41	6,54
d	Tinggi 3 (cm)	6,39	6,42	6,43	6,42	6,45
e	Tinggi 4 (cm)	6,38	6,44	6,39	6,41	6,54
f	Tinggi rata-rata (mm)	64,38	64,70	64,65	64,15	64,93
g	% aspal thd agregat	6,38	6,38	6,38	6,38	6,38
h	% aspal thd campuran	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00
i	Berat sampel (gram)	1182,4	1172,8	1186,5	1186,2	1189,8
j	Berat SSD (gram)	1196,8	1186,9	1203,2	1194,1	1198,8
k	Berat dalam air (gram)	691,3	685,0	693,5	683,1	689,5
l	Isi (gram)	505,50	501,90	509,70	511,00	509,30
m	Berat isi	2,339	2,337	2,328	2,321	2,336
n	BJ maksimum teoritis	2,441	2,441	2,441	2,441	2,441
o	(g*l)/bj aspal)	13,692	13,678	13,626	13,588	13,675
p	((100-g)*l)/bj agregat	82,127	82,044	81,732	81,504	82,024
q	Jumlah kandungan rongga (%)	4,181	4,28	4,64	4,91	4,301
r	% rongga thd agregat VMA	17,873	17,956	18,268	18,496	17,976
s	% rongga terisi aspal VFA	76,606	76,178	74,593	73,465	76,074
t	% rongga dlm campuran VIM	4,164	4,260	4,624	4,891	4,284
u	Pembacaan arloji stabilitas	82,00	84,00	80,00	82,00	80,00
v	lbf	2410,80	2469,60	2352,00	2410,80	2352,00
w	kg	1072,37	1098,53	1046,22	1072,37	1046,22
x	koreksi (tebal)	1,0	0,971	0,972	0,985	0,965
y	Stabilitas lbf (dg koreksi)	2360	2397,01	2285,94	2374,40	2268,71
z	Stabilitas kg (dg koreksi) 24 Jam	1049,93	1066,24	1016,83	1056,18	1009,17
aa	Flow	4,30	4,70	4,50	4,10	4,30
ab	Marshall Quotient	244,17	226,86	225,96	257,61	234,69

Tabel 5.8 Perhitungan Marshall Test Campuran AC-WC Direndam Dalam Water Bath Selama 24 jam Pada Suhu 60 °C

(Kadar Filler Lumpur Lapindo 40 %)

Kadar FF LL : AB		40 % : 60 %				
Kadar Aspal		6 %				
No. Benda Uji		1	2	3	4	5
a	Diameter (cm)	10,10	10,30	10,10	10,19	10,20
b	Tinggi 1 (cm)	6,72	6,64	6,32	6,39	6,31
c	Tinggi 2 (cm)	6,68	6,35	6,38	6,43	6,23
d	Tinggi 3 (cm)	6,46	6,61	6,37	6,50	6,31
e	Tinggi 4 (cm)	6,53	6,65	6,36	6,43	6,23
f	Tinggi rata-rata (mm)	65,98	65,63	63,58	64,40	62,70
g	% aspal thd agregat	6,38	6,38	6,38	6,38	6,38
h	% aspal thd campuran	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00
i	Berat sampel (gram)	1178,1	1185,1	1164,4	1186,1	1188,2
j	Berat SSD (gram)	1200,8	1204,5	1190,4	1194,9	1196,2
k	Berat dalam air (gram)	691,0	694,3	690,9	685,9	688,0
l	Isi (gram)	509,80	510,20	499,50	509,00	508,20
m	Berat isi	2,311	2,323	2,331	2,330	2,338
n	BJ maksimum teoritis	2,441	2,441	2,441	2,441	2,441
o	$(g \cdot l) / b_j$ aspal)	13,527	13,597	13,646	13,641	13,686
p	$((100 - g) \cdot l) / b_j$ agregat	81,138	81,556	81,848	81,817	82,091
q	Jumlah kandungan rongga (%)	5,335	4,85	4,51	4,54	4,223
r	% rongga thd agregat VMA	18,862	18,444	18,152	18,183	17,909
s	% rongga terisi aspal VFA	71,716	73,720	75,174	75,019	76,421
t	% rongga dlm campuran VIM	5,318	4,830	4,489	4,525	4,206
u	Pembacaan arloji stabilitas	77,00	80,00	78,00	79,00	77,00
v	lbf	2263,80	2352,00	2293,20	2322,60	2263,80
w	kg	1006,98	1046,22	1020,06	1033,14	1006,98
x	koreksi (tebal)	0,9	0,946	1,000	0,978	1,022
y	Stabilitas lbf (dg koreksi)	2121	2225,58	2292,55	2272,63	2314,09
z	Stabilitas kg (dg koreksi) 24 Jam	943,47	989,98	1019,77	1010,91	1029,35
aa	Flow	5,00	5,10	4,60	4,80	4,50
ab	Marshall Quotient	188,69	194,11	221,69	210,61	228,75

Tabel 5.9 Perhitungan Marshall Test Campuran AC-WC Direndam Dalam Water Bath Selama 24 jam Pada Suhu 60 °C

(Kadar Filler Lumpur Lapindo 50 %)

Kadar FF LL : AB		50 % : 50 %				
Kadar Aspal		6 %				
No. Benda Uji		1	2	3	4	5
a	Diameter (cm)	10,20	10,30	10,20	10,19	10,17
b	Tinggi 1 (cm)	6,43	6,48	6,47	6,43	6,74
c	Tinggi 2 (cm)	6,49	6,39	6,48	6,35	6,86
d	Tinggi 3 (cm)	6,40	6,20	6,54	6,35	6,80
e	Tinggi 4 (cm)	6,41	6,32	6,51	6,35	6,86
f	Tinggi rata-rata (mm)	64,40	63,57	64,97	63,76	67,98
g	% aspal thd agregat	6,38	6,38	6,38	6,38	6,38
h	% aspal thd campuran	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00
i	Berat sampel (gram)	1187,4	1181,3	1183,3	1185,2	1200,0
j	Berat SSD (gram)	1206,7	1194,5	1200,2	1196,3	1224,4
k	Berat dalam air (gram)	692,4	686,3	687,5	689,8	708,6
l	Isi (gram)	514,30	508,20	512,70	506,50	515,80
m	Berat isi	2,309	2,324	2,308	2,340	2,326
n	BJ maksimum teoritis	2,441	2,441	2,441	2,441	2,441
o	(g* <i>l</i>)/ <i>b_j</i> aspal)	13,515	13,607	13,510	13,697	13,618
p	((100-g)* <i>l</i>)/ <i>b_j</i> agregat	81,063	81,614	81,035	82,159	81,685
q	Jumlah kandungan rongga (%)	5,422	4,78	5,45	4,14	4,697
r	% rongga thd agregat VMA	18,937	18,386	18,965	17,841	18,315
s	% rongga terisi aspal VFA	71,366	74,007	71,237	76,773	74,356
t	% rongga dlm campuran VIM	5,406	4,762	5,438	4,127	4,680
u	Pembacaan arloji stabilitas	75,00	70,00	74,00	72,00	70,00
v	lbf	2205,00	2058,00	2175,60	2116,80	2058,00
w	kg	980,83	915,44	967,75	941,59	915,44
x	koreksi (tebal)	1,0	1,000	0,964	0,995	0,883
y	Stabilitas lbf (dg koreksi)	2157	2057,86	2096,47	2105,96	1816,88
z	Stabilitas kg (dg koreksi) 24 Jam	959,66	915,38	932,55	936,77	808,18
aa	Flow	5,30	4,60	5,40	4,70	5,00
ab	Marshall Quotient	181,07	198,99	172,69	199,31	161,64

Tabel 5.10 Perhitungan Marshall Test Campuran AC-WC Direndam Dalam Water Bath Selama 24 jam Pada Suhu 60 °C

(Kadar Filler Lumpur Lapindo 60 %)

Kadar FF LL : AB		60 % : 40 %				
Kadar Aspal		6 %				
No. Benda Uji		1	2	3	4	5
a	Diameter (cm)	10,25	10,10	10,20	10,20	10,14
b	Tinggi 1 (cm)	6,41	6,50	6,63	6,30	6,57
c	Tinggi 2 (cm)	6,43	6,70	6,42	6,37	6,58
d	Tinggi 3 (cm)	6,25	6,73	6,39	6,41	6,51
e	Tinggi 4 (cm)	6,24	6,60	6,61	6,37	6,58
f	Tinggi rata-rata (mm)	63,63	66,43	64,80	63,60	65,51
g	% aspal thd agregat	6,38	6,38	6,38	6,38	6,38
h	% aspal thd campuran	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00
i	Berat sampel (gram)	1190,5	1183,1	1188,1	1177,5	1189,8
j	Berat SSD (gram)	1203,5	1203,1	1203,3	1190,9	1198,8
k	Berat dalam air (gram)	689,3	689,2	689,1	681,3	687,5
l	Isi (gram)	514,20	513,90	514,20	509,60	511,30
m	Berat isi	2,315	2,302	2,311	2,311	2,327
n	BJ maksimum teoritis	2,441	2,441	2,441	2,441	2,441
o	(g*I)/bj aspal	13,553	13,476	13,525	13,526	13,622
p	((100-g)*I)/bj agregat	81,290	80,832	81,126	81,128	81,703
q	Jumlah kandungan rongga (%)	5,157	5,69	5,35	5,35	4,675
r	% rongga thd agregat VMA	18,710	19,168	18,874	18,872	18,297
s	% rongga terisi aspal VFA	72,436	70,306	71,663	71,672	74,448
t	% rongga dlm campuran VIM	5,140	5,675	5,331	5,329	4,658
u	Pembacaan arloji stabilitas	66,00	68,00	62,00	68,00	65,00
v	lbf	1940,40	1999,20	1822,80	1999,20	1911,00
w	kg	863,13	889,28	810,82	889,28	850,05
x	koreksi (tebal)	1,0	0,925	0,968	0,999	0,949
y	Stabilitas lbf (dg koreksi)	1937	1848,56	1764,46	1997,35	1813,94
z	Stabilitas kg (dg koreksi) 24 Jam	861,59	822,28	784,87	888,46	806,88
aa	Flow	5,50	5,30	5,00	5,80	5,80
ab	Marshall Quotient	156,65	155,15	156,97	153,18	139,12

5.2 Pengujian Interval Kepercayaan

Data – data penelitian yang telah dikumpulkan kemudian diuji dengan pengujian interval kepercayaan, dimana tujuannya adalah untuk mencari kevalidan data yang telah didapatkan (*Sudjana, 1982*). Dala, pengujian ini, digunakan interval konfiden 95%. Hal ini berarti bahwa toleransi kesalahan yang diizinkan hanyalah sebesar 5%, sedangkan sisanya (95%) adalah data – data yang dapat dipercaya. Data – data yang tidak memenuhi syarat tersebut kemudian dibuang, sehingga tertinggal data – data valid yang siap untuk diuji secara statistik.

Dibawah ini adalah contoh perhitungan Interval Kepercayaan untuk data stabilitas pada variasi Kadar Filler Lumpur Lapindo 0%.

Tabel 5.11. Data Pengujian Stabilitas pada Variasi Kadar Filler Lumpur Lapindo 0%

No.	Stabilitas (kg)
1	1083,74
2	1012,64
3	987.20
4	992,21
5	992,76

Dari data stabilitas pada tabel di atas kemudian dicari nilai:

$$\begin{aligned} X &= \frac{\text{Jumlah Stabilitas}}{n} \\ &= \frac{1083,74+1012,64+987.20+992,21+992,76}{5} \\ &= 1013,71 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$s = \sqrt{\frac{(1083,74-1013,71)^2 + \text{sampai} + (992,76-1013,71)^2}{5-1}}$$

$$= 43.33989$$

$$P = \frac{1}{2} (1 + 0,095) = 0,975$$

$$dk = n - 1 = 5 - 1 = 4$$

$$t_{0,975} = 2,776 \text{ (tabel student)}$$

Dimana :

X = Nilai rata – rata

s = Standart deviasi

P = Persentil

T_{0,975} = nilai t pada persentil 0,975

Maka interval kepercayaannya adalah :

$$= x - \left(t_{0,975} \times \frac{s}{\sqrt{n}} \right) < \mu < x + \left(t_{0,975} \times \frac{s}{\sqrt{n}} \right)$$

$$= 1013,71 - \left(2,776 \times \frac{43.33989}{\sqrt{5}} \right) < \mu < 1013,71 + (2,776 \times 43.33989)$$

$$= 946,5594392 < \mu < 1055,6886$$

Jadi, sesuai dengan range interval kepercayaan untuk stabilitas di atas, maka data stabilitas pada variasi filler Lumpur Lapindo 0% yang tidak memenuhi syarat berjumlah 1 benda uji. Setelah disortir, maka datanya seperti pada tabel berikut

Tabel 5.12 Data Pengujian Stabilitas Pada Variasi Kadar Filler Lumpur Lapindo 0% setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan

No.	Stabilitas
1	1012,64
2	987.2
3	992,2
4	992,76

Dengan cara yang serupa kita dapat mencari interval kepercayaan untuk semua parameter dengan variasi yang sudah ditentukan. Selanjutnya adalah tabel interval kepercayaan untuk semua perhitungan.

Tabel 5.13 Interval Kepercayaan Stabilitas (Perendaman 30 menit)

Kadar Filler (L.L)	X	s	P	Dk	t _{0,975}	Batas Min	Batas Max
0%	1013,71	40,34	0,975	4	2,776	963,63	1063,79
30%	1097,32	27,18	0,975	4	2,776	1063,58	1131,07
40%	1078,72	18,47	0,975	4	2,776	1055,79	1101,65
50%	1003,01	72,73	0,975	4	2,776	912,72	1093,30
60%	919,38	47,34	0,975	4	2,776	860,60	978,15

Tabel 5.14 Data Pengujian Stabilitas setelah dilakukan pengujian Interval Kepercayaan (Perendaman 30 menit)

Kadar Filler (L.L)	Interval Kepercayaan		Data Stabilitas Hasil Tes Marshall					Rata - rata (Kg)
	Batas Min	Batas Max	1	2	3	4	5	
0%	963,63	1063,79	1083,74	1012,64	987,20	992,21	992,76	74,80
30%	1063,58	1131,07	1063,16	1134,31	1097,77	1081,30	1110,09	76,96
40%	1055,79	1101,65	1080,96	1057,51	1096,83	1062,10	1096,19	76,16
50%	912,72	1093,30	1051,04	959,06	1065,99	1042,63	896,32	73,77
60%	860,60	978,15	941,37	887,28	973,24	939,88	855,12	70,01

 = Data yang di hapus (sortir)

Tabel 5.15 Interval Kepercayaan Flow (Perendaman 30 menit)

Kadar Filler (L.L)	X	s	P	dk	t _{0,975}	Batas Min	Batas Max
0%	3,54	0,23	0,975	4	2,776	3,25	3,83
30%	4,28	0,24	0,975	4	2,776	3,98	4,58
40%	4,70	0,16	0,975	4	2,776	4,50	4,90
50%	4,76	0,21	0,975	4	2,776	4,50	5,02
60%	4,76	0,18	0,975	4	2,776	4,53	4,99

Tabel 5.16 Data Pengujian Flow setelah dilakukan pengujian Interval Kepercayaan (Perendaman 30 menit)

Kadar Filler (L.L)	Interval Kepercayaan		Data Flow Hasil Tes Marshall					Rata - rata (Kg)
	Batas Min	Batas Max	1	2	3	4	5	
0%	3,25	3,83	3,60	3,50	3,30	3,90	3,40	3,45
30%	3,98	4,58	4,30	4,40	4,10	4,00	4,60	4,20
40%	4,50	4,90	4,50	4,60	4,90	4,70	4,80	4,70
50%	4,50	5,02	4,80	5,00	4,90	4,50	4,60	4,83
60%	4,53	4,99	4,80	4,70	4,50	4,80	5,00	4,77


 = Data yang di hapus (sortir)

Tabel 5.17 Interval Kepercayaan VIM (Perendaman 30 menit)

Kadar Filler (L.L)	X	s	P	dk	t _{0,975}	Batas Min	Batas Max
0%	4,04	1,33	0,975	4	2,776	2,38	5,69
30%	4,28	0,44	0,975	4	2,776	3,73	4,82
40%	4,45	0,45	0,975	4	2,776	3,89	5,00
50%	4,64	0,49	0,975	4	2,776	4,04	5,25
60%	5,48	0,62	0,975	4	2,776	4,71	6,25

Tabel 5.18 Data Pengujian VIM setelah dilakukan pengujian Interval Kepercayaan (Perendaman 30 menit)

Kadar Filler (L.L)	Interval Kepercayaan		Data VIM Hasil Tes Marshall					Rata - rata (Kg)
	Batas Min	Batas Max	1	2	3	4	5	
0%	2,38	5,69	4,15	1,83	5,44	4,50	4,26	4,59
30%	3,73	4,82	3,88	4,15	4,23	4,09	5,03	4,09
40%	3,89	5,00	3,97	5,15	4,37	4,53	4,21	4,27
50%	4,04	5,25	4,48	3,93	5,25	4,88	4,68	4,82
60%	4,71	6,25	4,38	5,69	5,67	5,88	5,76	5,48


 = Data yang di hapus (sortir)

Tabel 5.19 Interval Kepercayaan VMA (Perendaman 30 menit)

Kadar Filler (L.L)	X	s	P	dk	t _{0,975}	Batas Min	Batas Max
0%	17,76	1,14	0,975	4	2,776	16,35	19,18
30%	17,97	0,38	0,975	4	2,776	17,50	18,44
40%	18,11	0,38	0,975	4	2,776	17,64	18,59
50%	18,28	0,42	0,975	4	2,776	17,76	18,80
60%	19,00	0,53	0,975	4	2,776	18,34	19,66

Tabel 5.20 Data Pengujian VMA setelah dilakukan pengujian Interval Kepercayaan (Perendaman 30 menit)

Kadar Filler (L.L)	Interval Kepercayaan		Data VMA Hasil Tes Marshall					Rata - rata (Kg)
	Batas Min	Batas Max	1	2	3	4	5	
0%	16,35	19,18	17,87	15,88	18,97	18,16	17,95	18,24
30%	17,50	18,44	17,63	17,86	17,93	17,81	18,62	17,81
40%	17,64	18,59	17,70	18,72	18,05	18,18	17,91	17,96
50%	17,76	18,80	18,15	17,67	18,80	18,49	18,32	18,44
60%	18,34	19,66	18,06	19,18	19,16	19,35	19,24	19,23

 = Data yang di hapus (sortir)

Tabel 5.21 Interval Kepercayaan Marshall Quotient (Perendaman 30 menit)

Kadar Filler (L.L)	X	S	P	dk	t _{0,975}	Batas Min	Batas Max
0%	287,18	18,95	0,975	4	2,776	263,66	310,71
30%	256,89	12,60	0,975	4	2,776	241,25	272,53
40%	229,66	6,33	0,975	4	2,776	221,80	237,52
50%	210,97	17,06	0,975	4	2,776	189,80	232,15
60%	193,60	16,27	0,975	4	2,776	173,41	213,79

Tabel 5.22 Data Pengujian Marshall Quotient setelah dilakukan pengujian Interval Kepercayaan (Perendaman 30 menit)

Kadar Filler (L.L)	Interval Kepercayaan		Data MQ Hasil Tes Marshall					Rata - rata (Kg)
	Batas Min	Batas Max	1	2	3	4	5	
0%	263,66	310,71	301,04	289,32	299,15	254,41	291,99	295,38
30%	241,25	272,53	247,25	257,80	267,75	270,33	241,32	256,89
40%	221,80	237,52	240,21	229,89	223,84	225,98	228,37	227,02
50%	189,80	232,15	218,97	191,81	217,55	231,70	194,85	210,97
60%	173,41	213,79	196,12	188,78	216,27	195,81	171,02	193,57


 = Data yang di hapus (sortir)

Tabel 5.23 Interval Kepercayaan VFA (Perendaman 30 menit)

Kadar Filler (L.L)	X	s	P	dk	t _{0,975}	Batas Min	Batas Max
0%	77,51	6,42	0,975	4	2,776	69,53	85,48
30%	76,14	1,91	0,975	4	2,776	73,77	78,52
40%	75,40	1,92	0,975	4	2,776	73,01	77,79
50%	74,55	2,11	0,975	4	2,776	71,94	77,16
60%	71,13	2,54	0,975	4	2,776	67,98	74,28

Tabel 5.24 Data Pengujian VFA setelah dilakukan pengujian Interval Kepercayaan (Perendaman 30 menit)

Kadar Filler (L.L)	Interval Kepercayaan		Data VFA Hasil Tes Marshall					Rata - rata (Kg)
	Batas Min	Batas Max	1	2	3	4	5	
0%	69,53	85,48	76,65	88,34	71,22	75,12	76,20	74,80
30%	73,77	78,52	77,89	76,68	76,30	76,96	72,89	76,96
40%	73,01	77,79	77,50	72,38	75,68	75,02	76,42	76,16
50%	71,94	77,16	75,21	77,67	72,00	73,52	74,36	73,77
60%	67,98	74,28	75,64	70,24	70,32	69,50	69,96	70,01


 = Data yang di hapus (sortir)

Tabel 5.25 Interval Kepercayaan Stabilitas (Perendaman 24 jam)

Kadar Filler (L.L)	X	s	P	dk	t _{0,975}	Batas Min	Batas Max
0%	992,04	45,42	0,975	4	2,776	935,65	1048,43
30%	1039,67	25,18	0,975	4	2,776	1008,41	1070,93
40%	998,70	34,13	0,975	4	2,776	956,33	1041,07
50%	910,51	59,34	0,975	4	2,776	836,84	984,18
60%	832,81	41,86	0,975	4	2,776	780,85	884,78

Tabel 5.26 Data Pengujian Stabilitas setelah dilakukan pengujian Interval Kepercayaan (Perendaman 24 jam)

Kadar Filler (L.L)	Interval Kepercayaan		Data Stabilitas Hasil Tes Marshall					Rata - rata (Kg)
	Batas Min	Batas Max	1	2	3	4	5	
0%	935,65	1048,43	930,40	969,96	992,35	1018,12	1049,37	993,48
30%	1008,41	1070,93	1049,93	1066,24	1016,83	1056,18	1009,17	1039,67
40%	956,33	1041,07	943,47	989,98	1019,77	1010,91	1029,35	1012,50
50%	836,84	984,18	959,66	915,38	932,55	936,77	808,18	936,09
60%	780,85	884,78	861,59	822,28	784,87	888,46	806,88	818,90


 = Data yang di hapus (sortir)

Tabel 5.27 Interval Kepercayaan Flow (Perendaman 24 jam)

Kadar Filler (L.L)	X	s	P	dk	t _{0,975}	Batas Min	Batas Max
0%	4,16	0,29	0,975	4	2,776	3,80	4,52
30%	4,38	0,23	0,975	4	2,776	4,10	4,66
40%	4,80	0,25	0,975	4	2,776	4,48	5,12
50%	5,00	0,35	0,975	4	2,776	4,56	5,44
60%	5,48	0,34	0,975	4	2,776	5,06	5,90

Tabel 5.28 Data Pengujian Flow setelah dilakukan pengujian Interval Kepercayaan (Perendaman 24 jam)

Kadar Filler (L.L)	Interval Kepercayaan		Data Flow Hasil Tes Marshall					Rata - rata (Kg)
	Batas Min	Batas Max	1	2	3	4	5	
0%	3,80	4,52	4,60	4,10	4,20	3,80	4,10	4,13
30%	4,10	4,66	4,30	4,70	4,50	4,10	4,30	4,30
40%	4,48	5,12	5,00	5,10	4,60	4,80	4,50	4,80
50%	4,56	5,44	5,30	4,60	5,40	4,70	5,00	5,00
60%	5,06	5,90	5,50	5,30	5,00	5,80	5,80	5,60


 = Data yang di hapus (sortir)

Tabel 5.29 Interval Kepercayaan VIM (Perendaman 24 jam)

Kadar Filler (L.L)	X	s	P	dk	t _{0,975}	Batas Min	Batas Max
0%	3,81	0,24	0,975	4	2,776	3,52	4,11
30%	4,44	0,30	0,975	4	2,776	4,07	4,82
40%	4,67	0,42	0,975	4	2,776	4,15	5,20
50%	4,88	0,55	0,975	4	2,776	4,20	5,57
60%	5,23	0,37	0,975	4	2,776	4,77	5,69

Tabel 5.30 Data Pengujian VIM setelah dilakukan pengujian Interval Kepercayaan (Perendaman 24 jam)

Kadar Filler (L.L)	Interval Kepercayaan		Data VIM Hasil Tes Marshall					Rata - rata (Kg)
	Batas Min	Batas Max	1	2	3	4	5	
0%	3,52	4,11	3,76	3,67	3,53	3,99	4,11	3,74
30%	4,07	4,82	4,16	4,26	4,62	4,89	4,28	4,33
40%	4,15	5,20	5,32	4,83	4,49	4,53	4,21	4,51
50%	4,20	5,57	5,41	4,76	5,44	4,13	4,68	5,07
60%	4,77	5,69	5,14	5,67	5,33	5,33	4,66	5,37


 = Data yang di hapus (sortir)

Tabel 5.31 Interval Kepercayaan VMA (Perendaman 24jam)

Kadar Filler (L.L)	X	s	P	dk	t _{0,975}	Batas Min	Batas Max
0%	17,57	0,20	0,975	4	2,776	17,32	17,83
30%	18,11	0,26	0,975	4	2,776	17,79	18,44
40%	18,31	0,36	0,975	4	2,776	17,86	18,76
50%	18,49	0,47	0,975	4	2,776	17,90	19,07
60%	18,78	0,32	0,975	4	2,776	18,39	19,18

Tabel 5.32 Data Pengujian VMA setelah dilakukan pengujian Interval Kepercayaan (Perendaman 24 jam)

Kadar Filler (L.L)	Interval Kepercayaan		Data VMA Hasil Tes Marshall					Rata - rata (Kg)
	Batas Min	Batas Max	1	2	3	4	5	
0%	17,32	17,83	17,53	17,45	17,33	17,73	17,83	17,51
30%	17,79	18,44	17,87	17,96	18,27	18,50	17,98	18,02
40%	17,86	18,76	18,86	18,44	18,15	18,18	17,91	18,17
50%	17,90	19,07	18,94	18,39	18,97	17,84	18,32	18,65
60%	18,39	19,18	18,71	19,17	18,87	18,87	18,30	18,91


 = Data yang di hapus (sortir)

Tabel 5.33 Interval Kepercayaan Marshall Quotient (Perendaman 24 jam)

Kadar Filler (L.L)	X	s	P	dk	t _{0,975}	Batas Min	Batas Max
0%	239,80	24,92	0,975	4	2,776	208,86	270,73
30%	237,86	13,25	0,975	4	2,776	221,41	254,31
40%	208,77	17,23	0,975	4	2,776	187,38	230,16
50%	182,74	16,49	0,975	4	2,776	162,27	203,22
60%	152,21	7,47	0,975	4	2,776	142,94	161,49

Tabel 5.34 Data Pengujian Marshall Quotient setelah dilakukan pengujian Interval Kepercayaan (Perendaman 24 jam)

Kadar Filler (L.L)	Interval Kepercayaan		Data MQ Hasil Tes Marshall					Rata - rata (Kg)
	Batas Min	Batas Max	1	2	3	4	5	
0%	208,86	270,73	202,26	236,58	236,27	267,93	255,94	249,18
30%	221,41	254,31	244,17	226,86	225,96	257,61	234,69	232,92
40%	187,38	230,16	188,69	194,11	221,69	210,61	228,75	208,77
50%	162,27	203,22	181,07	198,99	172,69	199,31	161,64	188,02
60%	142,94	161,49	156,65	155,15	156,97	153,18	139,12	155,49


 = Data yang di hapus (sortir)

Tabel 5.35 Interval Kepercayaan VFA (Perendaman 24 jam)

Kadar Filler (L.L)	X	s	P	dk	t _{0,975}	Batas Min	Batas Max
0%	78,21	1,10	0,975	4	2,776	76,84	79,58
30%	75,38	1,31	0,975	4	2,776	73,75	77,01
40%	74,41	1,78	0,975	4	2,776	72,20	76,62
50%	73,55	2,31	0,975	4	2,776	70,68	76,42
60%	72,10	1,52	0,975	4	2,776	70,22	73,99

Tabel 5.36 Data Pengujian VFA setelah dilakukan pengujian Interval Kepercayaan (Perendaman 24 jam)

Kadar Filler (L.L)	Interval Kepercayaan		Data VFA Hasil Tes Marshall					Rata - rata (Kg)
	Batas Min	Batas Max	1	2	3	4	5	
0%	76,84	79,58	78,43	78,89	79,53	77,37	76,83	78,55
30%	73,75	77,01	76,61	76,18	74,59	73,47	76,07	75,86
40%	72,20	76,62	71,72	73,72	75,17	75,02	76,42	75,08
50%	70,68	76,42	71,37	74,01	71,24	76,77	74,36	72,74
60%	70,22	73,99	72,44	70,31	71,66	71,67	74,45	71,52

 = Data yang di hapus (sortir)

5.2.1 Perhitungan Indeks Perendaman (IP)

Uji Indeks Perendaman (Marshall Imersion Test) dimaksudkan untuk mengukur tingkat durabilitas campuran (merupakan indikator dari tingkat ketahanan campuran) terhadap pengaruh cuaca. Ukuran ini dinyatakan dalam nilai stabilitas sisa yang didapatkan dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{Indeks Perendaman} = \frac{\text{Stabilitas pada perendaman 24 jam, suhu } 60^{\circ}\text{C}}{\text{Stabilitas pada rendaman 30 menit, suhu } 60^{\circ}\text{C}}$$

Hasil perhitungan tersebut ditampilkan pada table berikut ini:

Tabel 5.37 Data Indeks Perendaman

Kadar Filler (L.L)	Stabilitas		Indeks Perendaman (IP)	Syarat
%	30 menit	24 jam	%	
0%	996	993	99,726	90%
30%	1.096	1.040	94,827	
40%	1.079	1.013	93,862	
50%	1.030	936	90,911	
60%	935	819	87,542	

5.2.2 Cara Mencari Kadar Filler Optimum (KFO)

A. Perhitungan Menggunakan Program Microsoft Excel 2007

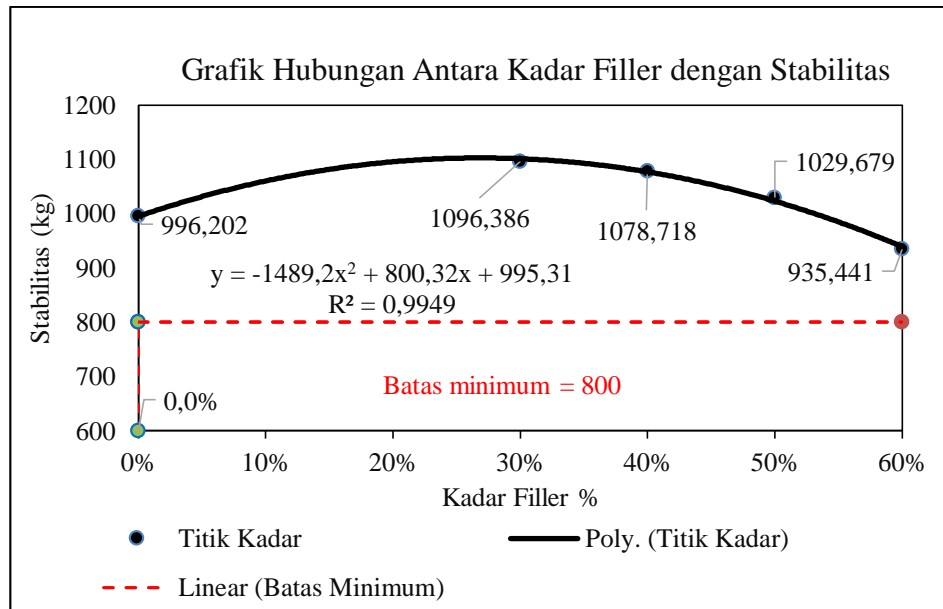
Berdasarkan dari tabel 5.21. sampai 5.44. diatas dapat diplotkan data dalam grafik yang menunjukkan hubungan antara lain:

- Antara Lumpur Lapindo dengan stabilitas
- Antara Lumpur Lapindo dengan flow
- Antara Lumpur Lapindo VIM

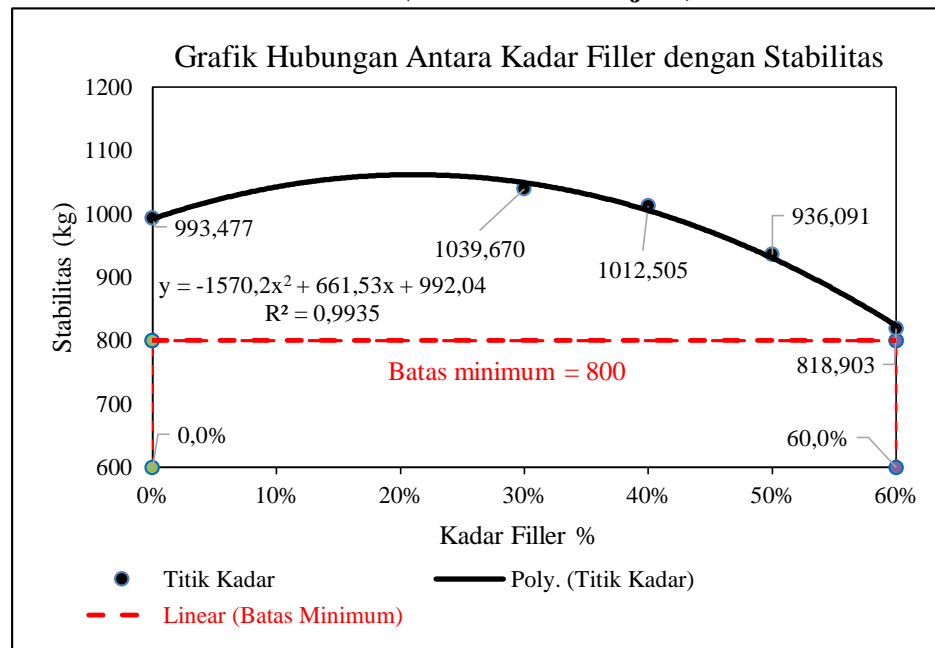
- d. Antara Lumpur Lapindo dengan VMA
- e. Antar Lumpur lapindo dengan Marshall Quotient
- f. Antara Lumpur Lapindo dengan Indeks Perendeman

Perhitungan mencari kadar filler optimum didasarkan pada hasil dari perhitungan parameter Marshall yang digambarkan dalam grafik di berikut ini:

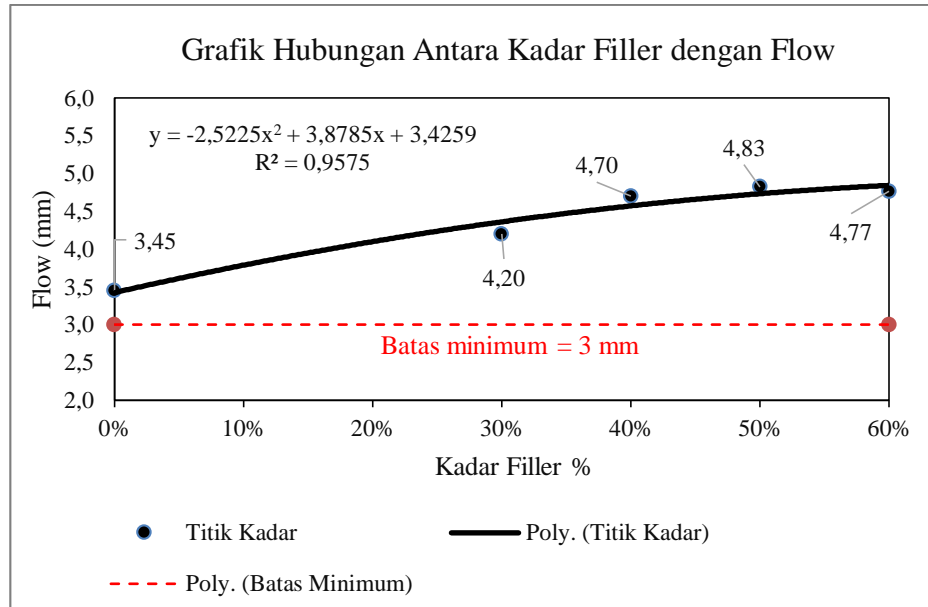
Grafik 5.1. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Lumpur Lapindo dengan Stabilitas (Perendaman 30 menit)



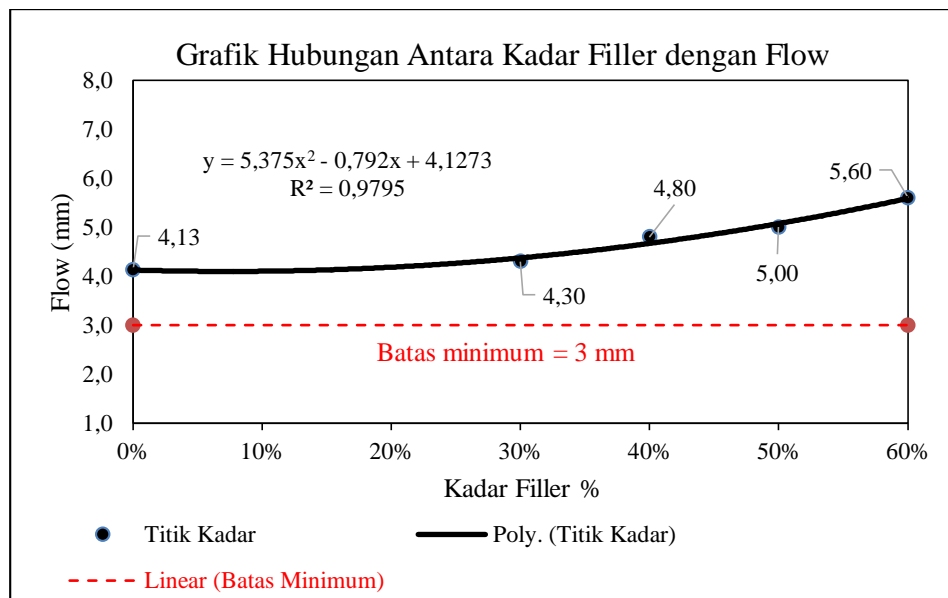
Grafik 5.2. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Lumpur Lapindo dengan Stabilitas (Perendaman 24 jam)



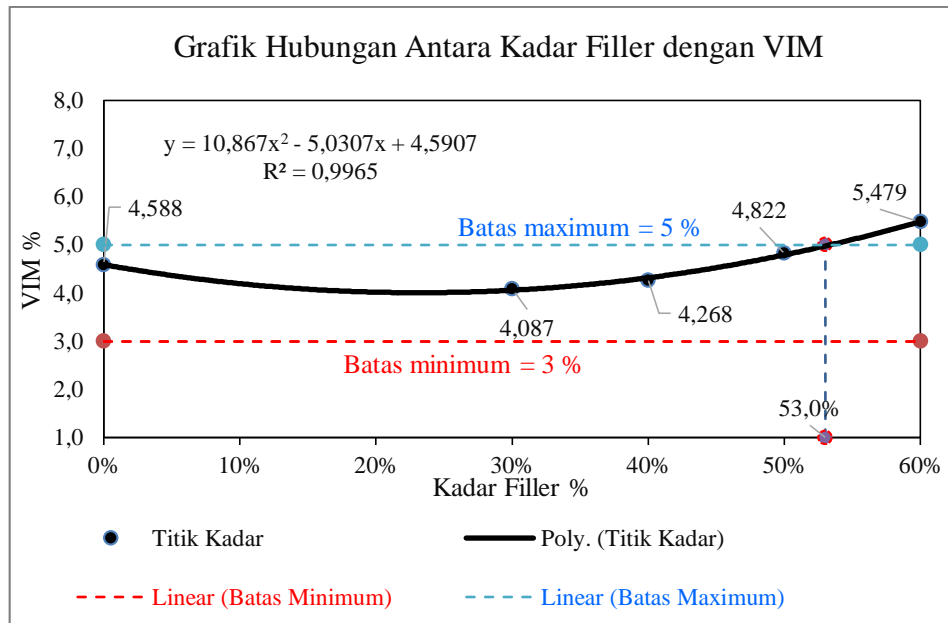
Grafik 5.3. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Lumpur Lapindo dengan Flow (Perendaman 30 menit)



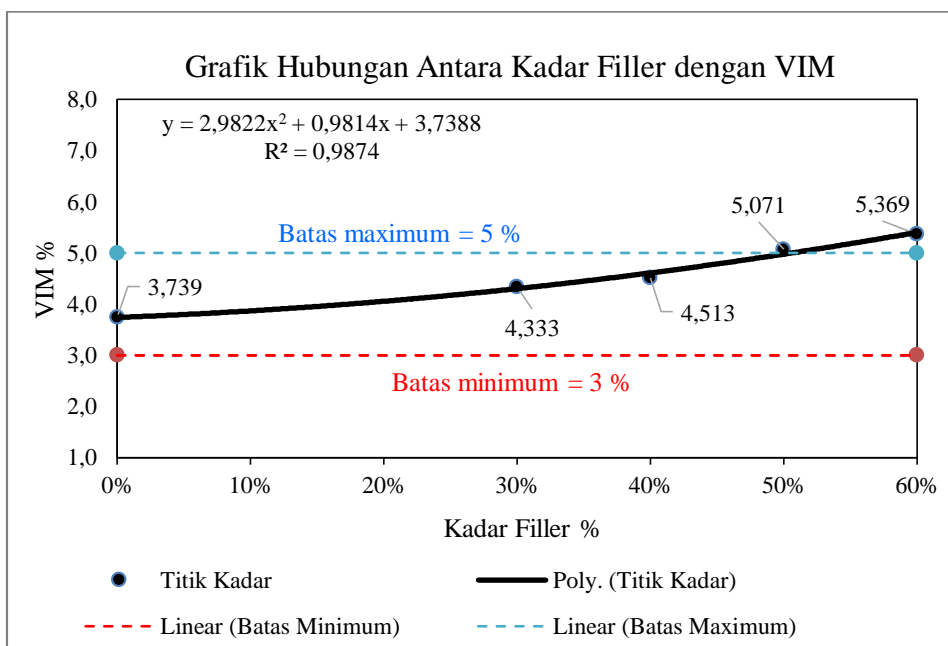
Grafik 5.4. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Lumpur Lapindo dengan Flow (Perendaman 24 jam)



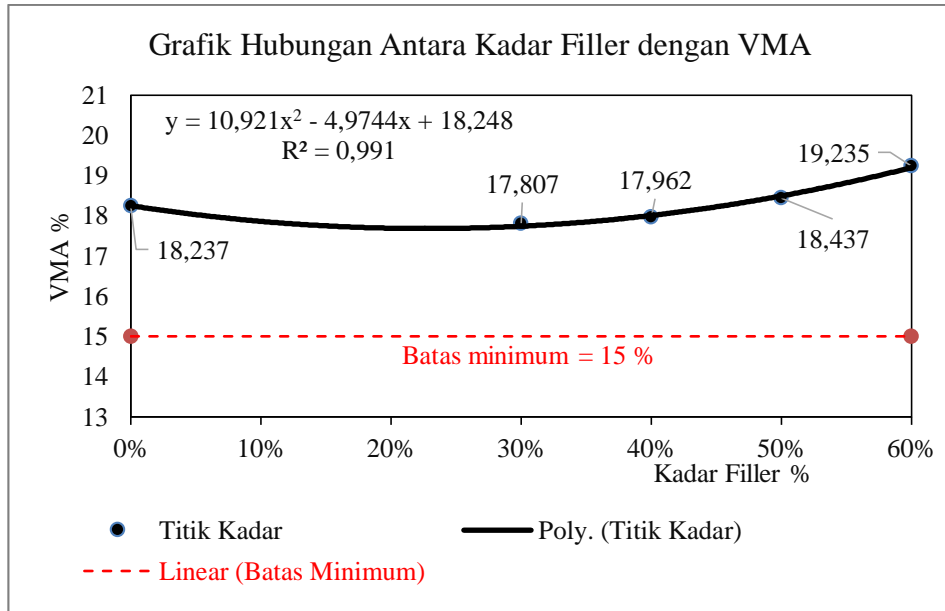
Grafik 5.5. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Lumpur Lapindo dengan VIM (Perendaman 30 menit)



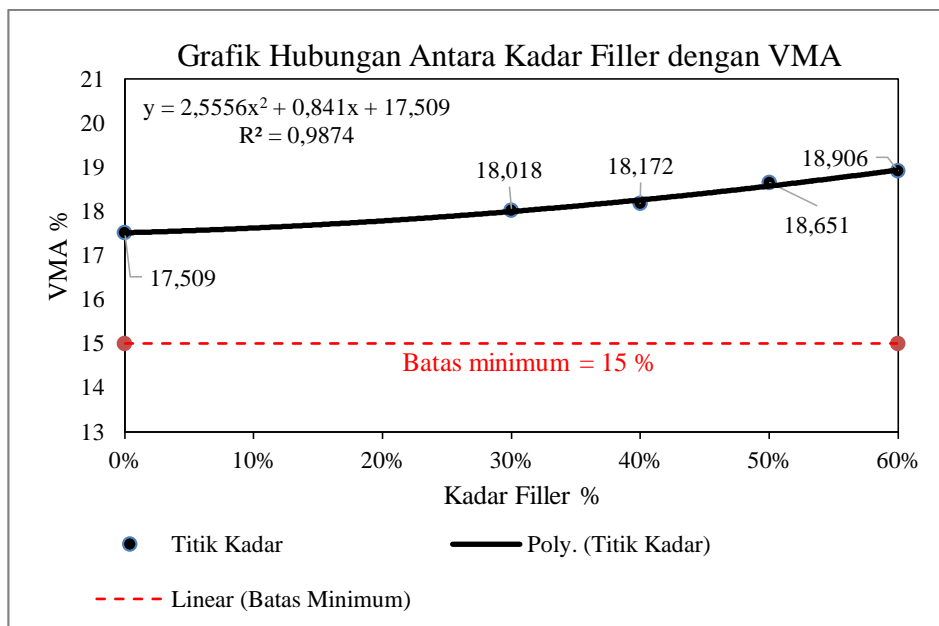
Grafik 5.6. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Lumpur Lapindo dengan VIM (Perendaman 24 jam)



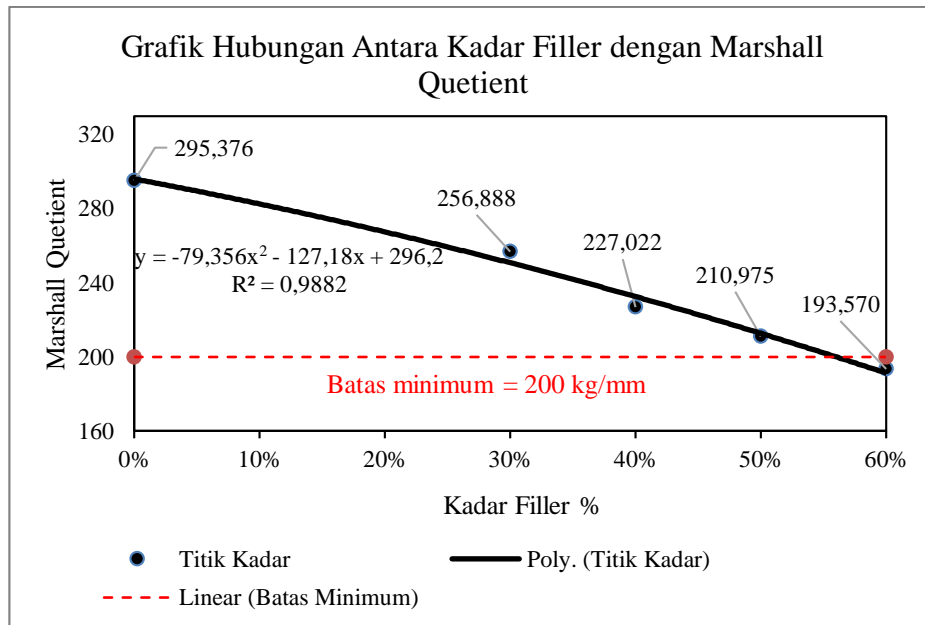
Grafik 5.7. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Lumpur Lapindo dengan VMA (Perendaman 30 menit)



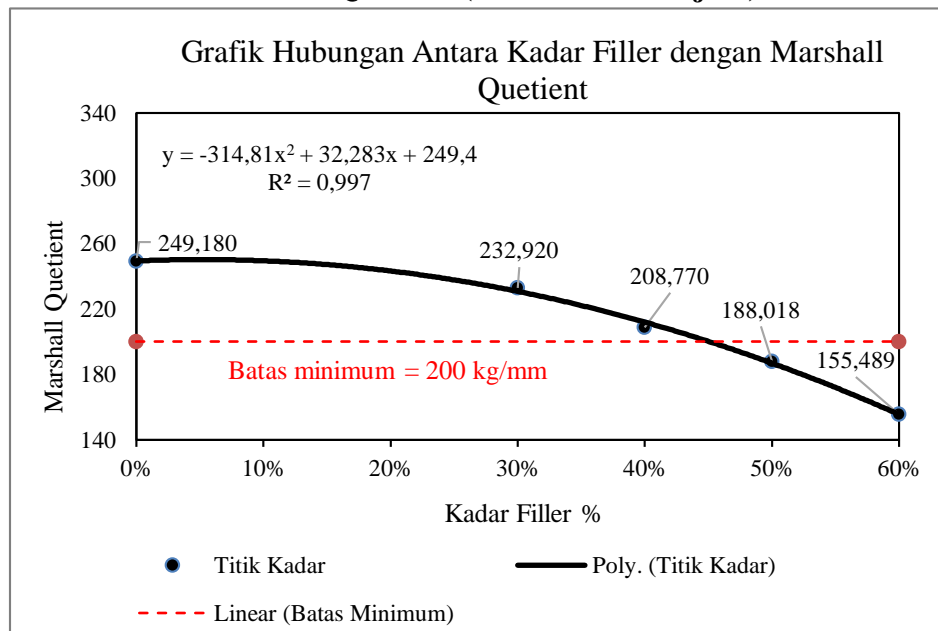
Grafik 5.8. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Serbuk Arang Batok Kelapa dengan VMA (Perendaman 24 jam)



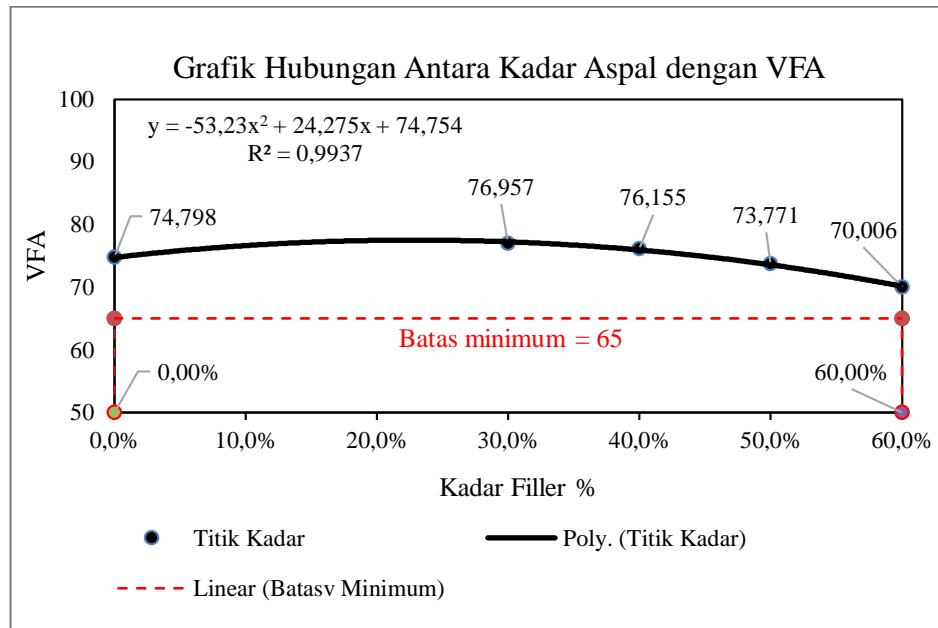
Grafik 5.9. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Lumpur Lapindo dengan Marshall Quotient (Perendaman 30 menit)



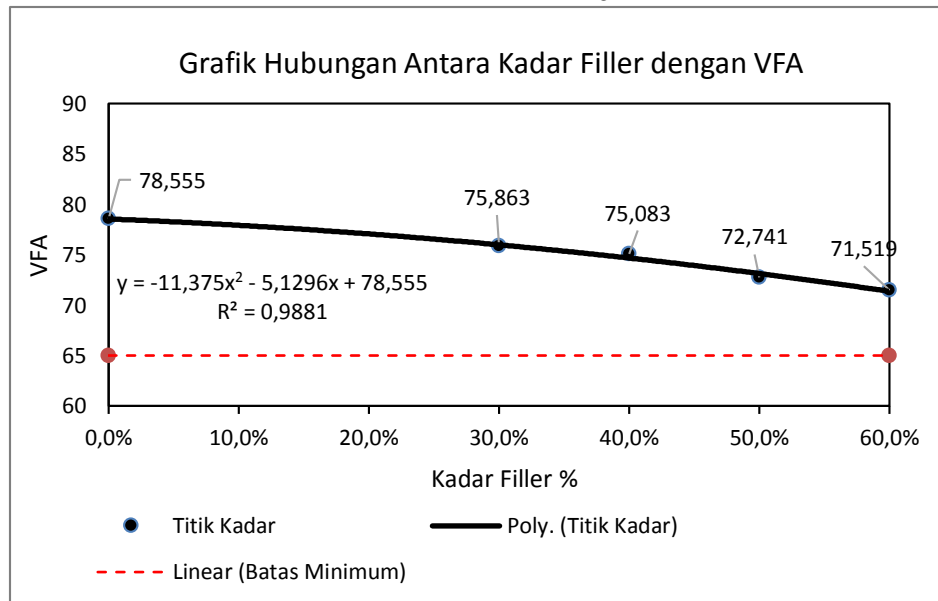
Grafik 5.10. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Lumpur Lapindo dengan Marshall Quotient (Perendaman 24 jam)



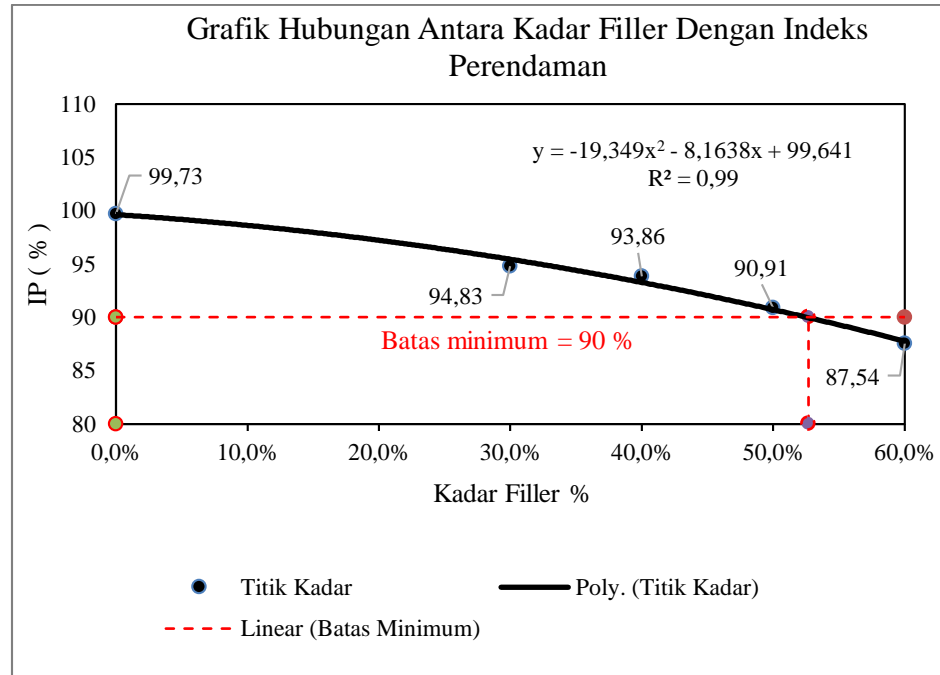
Grafik 5.11. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Lumpur Lapindo dengan VFA (Perendaman 30 menit)



Grafik 5.12. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Lumpur Lapindo dengan VFA (Perendaman 24 jam)



Grafik 5.13. Interval Kepercayaan Hubungan Antara Lumpur Lapindo dengan Indeks Perendaman (IP)



5.3 Pengujian Hipotesis

Untuk menguji hipotesis penelitian yang ada pada BAB I, maka dilakukan uji **Analisa Varian Satu Arah** dengan data yang telah disortir dengan interval kepercayaan, untuk melihat apakah ada perbedaan nilai parameter yang ditimbulkan oleh variasi kadar *filler* Lumpur Lapindo pada Kadar Aspal Optimum menggunakan abu batu.

Sebagai contoh, dibawah ini adalah cara perhitungan analisa varian satu arah untuk stabilitas dengan variasi kadar *filler* Lumpur lapindo.

Tabel 5.38. Data Stabilitas dengan Variasi Lumpur Lapindo (30 menit)

Kadar Filler L.L	0,0%	30,0%	40,0%	50,0%	60,0%	Jumlah
Stabilitas	1012,636	1097,769	1080,96	1051,042	941,371	5183,779
	987,2007	1081,303	1057,508	959,058	887,2769	4972,347
	992,2149	1110,086	1096,831	1065,986	973,2371	5238,354
	992,7563		1062,098	1042,629	939,8783	4037,362
			1096,194			1096,194
Jumlah	3984,808	3289,158	5393,591	4118,715	3741,763	20528,03
Sampel lolos	4	3	5	4	4	20
Rata - rata	996,2021	1096,386	1078,718	1029,679	935,4408	1026,402

Selanjutnya diperlukan :

a) Jumlah kuadrat – kuadrat (JK) semua nilai pengamatan :

$$\Sigma Y^2 = \Sigma_{i=1}^k \Sigma_{j=1}^{n_i} Y_g^2$$

b) Jumlah kuadrat – kuadrat (JK) untuk rata – rata :

$$R_y = \frac{J^2}{\Sigma_{i=1}^k n_i}$$

c) Jumlah kuadrat – kuadrat (JK) antar perlakuan :

$$P_y = \sum_{i=1}^k \left(\frac{J^2}{\Sigma_{i=1}^k n_i} \right) - R_y$$

d) Jumlah kuadrat – kuadrat (JK) dalam eksperimen :

$$E_y = \Sigma Y^2 - R_y - P_y$$

Keterangan :

Y = Data – data pengamatan

n = banyak pengamatan

J = Jumlah dari data – data pengamatan

k = Variasi perlakuan

dari tabel 5.34 di atas selanjutnya dihitung :

a) Jumlah kuadrat – kuadrat (JK) semua nilai pengamatan :

$$\begin{aligned}\Sigma Y^2 &= (1012,636)^2 + (987,2007)^2 + \dots + (887,2769)^2 + (973,2371)^2 + (939,8783)^2 \\ &= 21135176\end{aligned}$$

b) Jumlah kuadrat – kuadrat (JK) untuk rata – rata :

$$R_y = \frac{20528,03^2}{20} = \frac{2319263366,89}{20} = 21070011$$

c) Jumlah kuadrat – kuadrat (JK) antar perlakuan :

$$\begin{aligned}P_y &= \left(\frac{3984.808^2}{4} + \frac{3289.158^2}{3} + \frac{5393.591^2}{5} + \frac{4118.715^2}{4} + \frac{3741.763^2}{4} \right) - 21070011 \\ &= 21135176 - 21070011 = 65165,05\end{aligned}$$

d) Jumlah kuadrat – kuadrat (JK) dalam eksperimen:

$$E_y = 21135176 - 21070011 - 65165,05 = 12893,32$$

Setelah nilai – nilai di atas diperoleh maka disusunlah tabel analisa varian seperti di bawah ini :

Tabel 5.39 Tabel Analisa Varian Untuk Stabilitas

Sumber Variasi	dk	JK	KT
Rata - rata	1	21148069	21148069
Antar Perlakuan	4	65165,05	16291,26
Dalam Perlakuan	15	12893,32	859,5546
Jumlah	20		

Nilai F dapat dicari dengan rumus : $F = \frac{KT \text{ (antar perlakuan)}}{KT \text{ (dalam perlakuan)}}$

$$F_{hitung} = \frac{16291,26}{859,5546} = 18,95314$$

Dalam tabel V pada buku Dasar – dasar Statistika (Riduwan; 272), nilai F_{tabel} (0.05 ; 4 ; 15) = 3,055568. Jadi nilai $F_{hitung} = 18.95314 > F_{tabel} = 3,055568$. Dengan demikian H_a diterima H_o ditolak, yang berarti bahwa terdapat pengaruh variasi *filler* Lumpur Lapindo terhadap nilai stabilitas.

Perhitungan analisa varian satu arah ini juga dapat dilakukan dengan bantuan *software Microsoft Excel XP*, dan hasil perhitungan tersebut selengkapnya ditabelkan seperti di bawah ini.

Tabel 5.40 Tabel Analisa Varian Satu Arah

Parameter	Fhitung	</>	Ftabel	Kesimpulan
Stabilitas (Kg)	18,95314	>	3,056	Ha diterima, Ada perbedaan
Flow (%)	63,001	>	3,179	Ha diterima, Ada perbedaan
VIM (%)	6,907	>	3,006	Ha diterima, Ada perbedaan
VMA (%)	15,721	>	3,056	Ha diterima, Ada perbedaan
MQ (Kg/mm)	51,328	>	3,006	Ha diterima, Ada perbedaan
VFA	11,199	>	3,478	Ha diterima, Ada perbedaan

5.4 Analisis Regresi dan Pembahasan

5.4.1 Analisis Regresi

Data yang telah mengalami penyortiran pada pengujian interval kepercayaan pada sub 5.2., kemudian dicari hubungan parameter dengan variasi *filler* Lumpur Lapindo yang telah diberikan.

Untuk menganalisis hubungan tersebut, digunakan metode fungsi kuadratik (*sudjana, 2002; 338*) sebagai regresi, dengan bentuk persamaan:

$$\hat{Y} = a + bX + cX^2$$

Dengan persamaan perhitungannya sebagai berikut :

$$\Sigma Y = na + b\Sigma X + c\Sigma X^2$$

$$\Sigma XY = a\Sigma X + b\Sigma X^2 + c\Sigma X^3$$

$$\Sigma X^2Y = a\Sigma X^2 + b\Sigma X^3 + c\Sigma X^4$$

Sebagai contoh, dibawah ini data stabilitas untuk diuji dengan regresi.

No	x	y	y ²	x ²	x ³	x ⁴	xy	x ² y
1	0	983.77	967811.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	10	1024.81	1050244.69	100.00	1000.00	10000.00	10248.14	102481.45
3	20	1034.82	1070859.19	400.00	8000.00	160000.00	20696.47	413929.31
4	30	1038.12	1077699.54	900.00	27000.00	810000.00	31143.69	934310.78
5	40	1032.56	1066189.10	1600.00	64000.00	2560000.00	41302.57	1652102.93
Total	360	5114.099	8666355.409	20400	1296000	87720000	341998.91	18944243.44

Dari Tabel di atas. maka didapat persamaan :

$$5114.099 = 5a + 325b + 27325c$$

$$341998.91 = 325a + 27325b + 2366875c$$

$$18944243.44 = 27325a + 2366875b + 210210625c$$

Dari ketiga persamaan didapat :

$$a = 993.5$$

$$b = 310.2$$

$$c = -609.2$$

Maka persamaannya adalah :

$$\hat{Y} = -609.2x^2 + 310.2x + 993.5$$

Mencari koefisien determinasi (R^2):

$$\begin{aligned} JK(b|a) &= \left(b \left\{ \sum XY - \frac{(\sum X)(\sum Y)}{n} \right\} \right) + \left(c \left\{ \sum X^2Y - \frac{(\sum X^2)(\sum Y)}{n} \right\} \right) \\ &= \left(310.2 \left\{ 341998.91 - \frac{360 \times 5114.099}{9} \right\} \right) + \left(-609.2 \left\{ 18944243.44 - \frac{20400 \times 5114.099}{9} \right\} \right) \\ &= 738469,28 - 207311,688 \\ &= 560907.602 \\ JK(E) &= \sum Y^2 - \frac{(\sum Y)^2}{n} \\ &= 8666355.409 - \frac{(5114.099)^2}{9} \\ &= 576035.455 \\ R^2 &= \frac{JK(b|a)}{JK(E)} \\ &= \frac{560907.602}{576035.455} \\ &= 0.9737 \end{aligned}$$

Sesuai dengan hasil analisis regresi secara manual, maka hubungan kadar aspal dengan stabilitas menghasilkan persamaan $y = -609.2x^2 + 310.2x + 993.5$ Dengan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0.9737 Hal ini berarti bahwa 100% perubahan nilai stabilitas dipengaruhi oleh kadar filler Lumpur Lapindo.

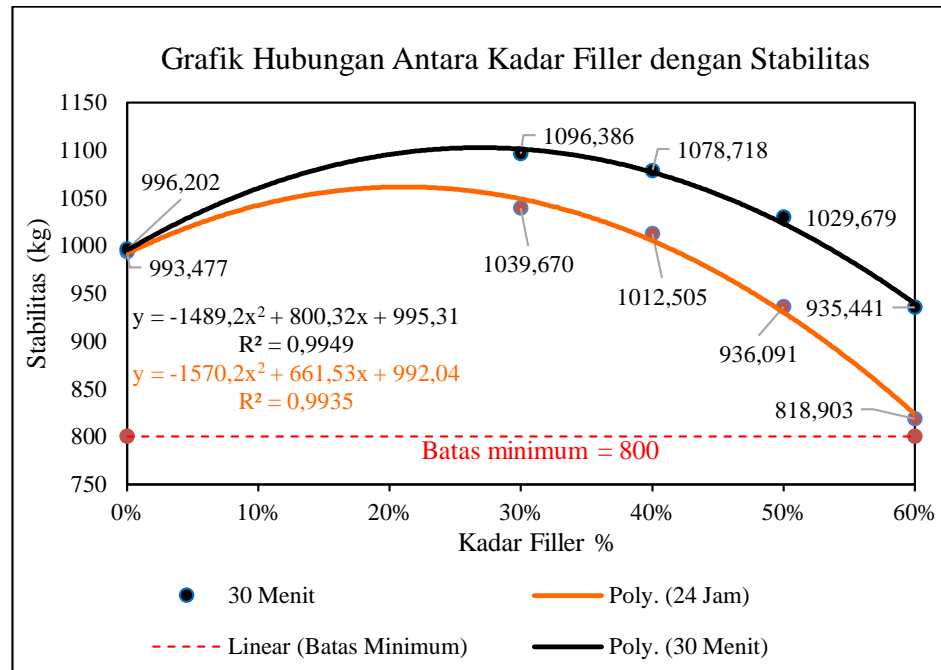
Pengujian analisis regresi ini juga dapat dilakukan dengan bantuan software MS Excel XP dengan ketelitian yang lebih baik. Data hasil pengujian keseluruhan kemudian diplotkan ke dalam grafik kuadratik yang menunjukkan hubungan antara variasi filler serbuk arang batok kelapa terhadap Stabilitas, Flow, VIM, VMA Marshall Quotient, dan Indeks Perendaman yang disajikan pada sub bab pembahasan.

5.4.2 Pembahasan

Dari pengujian analisis regresi, dapat dilihat trend dari grafik yang dihasilkan dari titik – titik yang telah dihubungkan. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat merekomendasikan hal – hal sebagai berikut.

a. Stabilitas

Grafik 5.14. Hubungan Antara Filler Lumpur Lapindo dengan Stabilitas



Terjadi peningkatan nilai stabilitas akibat penambahan kadar Filler Lumpur Lapindo. Peningkatan nilai stabilitas ini diakibatkan oleh Lumpur Lapindo.

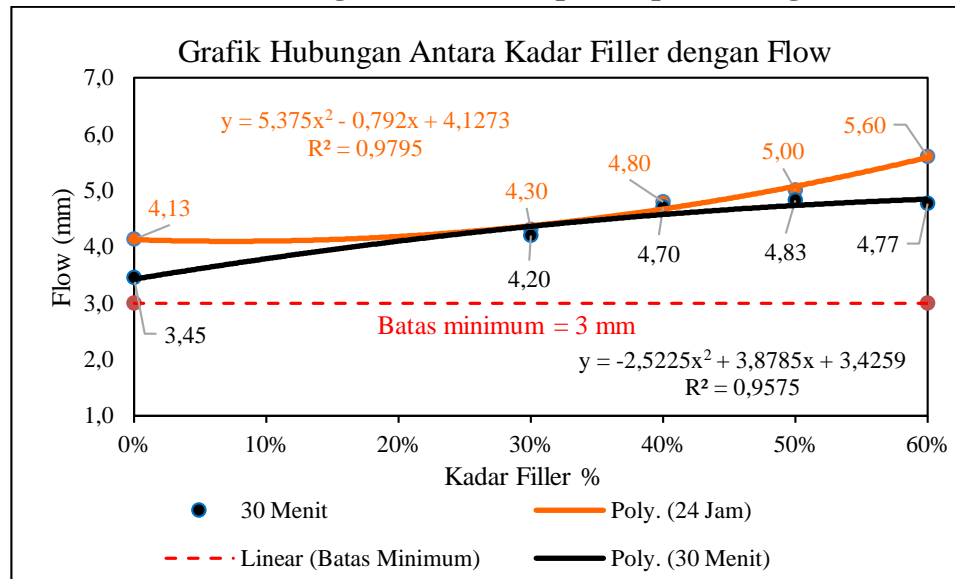
Dari uji hipotesis perendaman 30 menit didapatkan $F_{hitung} = 55.977$ yang lebih besar dari $F_{tabel} = 2,650$, maka H_0 ditolak dan H_a diterima yaitu ada pengaruh variabel penambahan Lumpur Lapindo terhadap nilai stabilitas. Dan uji hipotesis perendaman 24 jam didapatkan $F_{hitung} = 57.900$ yang lebih besar dari $F_{tabel} = 2,668$, maka H_0 ditolak dan H_a diterima yaitu ada pengaruh variasi penambahan Lumpur Lapindo terhadap nilai stabilitas.

Sedangkan berdasarkan analisa regresi perendaman 30 menit didapatkan persamaan $y = -1489.2x^2 + 800.32x + 995.31$ dengan koefisien determinasi $R^2 =$

0,9949. Dan analisa regresi perendaman 24 jam didapatkan persamaan $y = -1570.2x^2 + 661.53x + 992.04$ dengan koefisien determinasi $R^2 = 0,9935$

b. Flow

Grafik 5.15. Hubungan antara Lumpur Lapindo dengan Flow



Terjadi peningkatan nilai flow akibat penambahan kadar Lumpur Lapindo. Peningkatan nilai flow ini diakibatkan oleh Lumpur Lapindo yang memiliki sifat plastis, sehingga Lumpur Lapindo tersebut mudah melekat atau menggumpal pada campuran agregat maka rongga dalam campuran Semakin besar. Hal ini mengakibatkan peningkatan terhadap nilai flow.

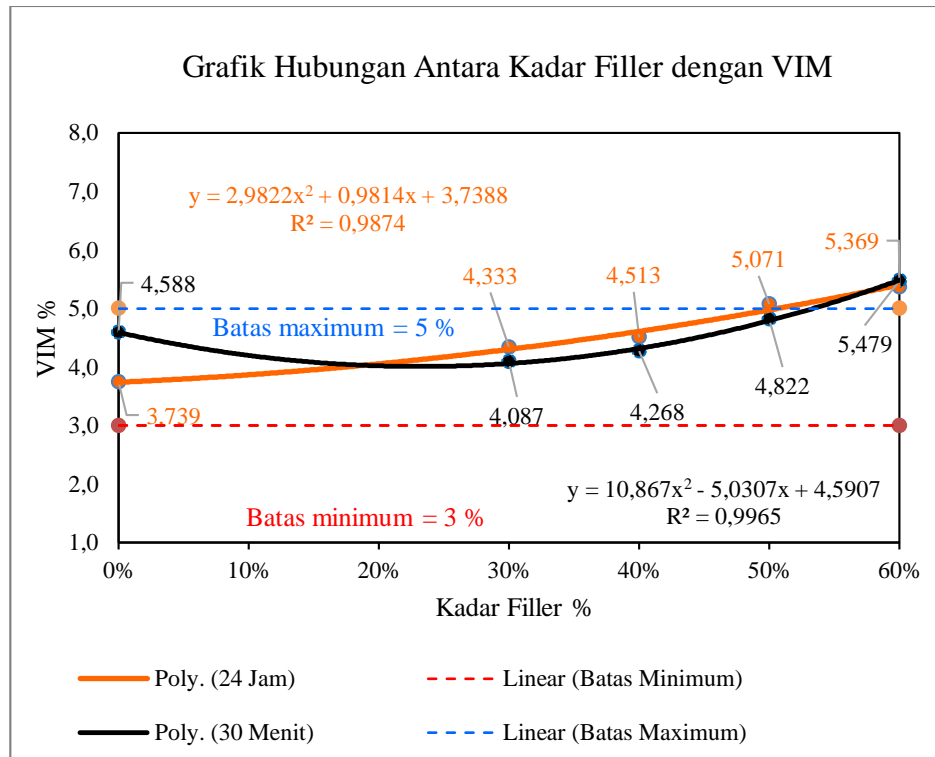
Dari uji hipotesis perendaman 30 menit didapatkan $F_{hitung} = 7.882$ yang lebih besar dari $F_{tabel} = 2,641$, maka H_0 ditolak dan H_a diterima yaitu ada pengaruh variasi penambahan Lumpur Lapindo terhadap nilai flow. Dan uji hipotesis perendaman 24 jam didapatkan $F_{hitung} = 16.667$ yang lebih besar dari $F_{tabel} = 2,659$, maka H_0 ditolak

dan H_a diterima yaitu ada pengaruh variasi penambahan Lumpur Lapindo terhadap nilai flow.

Sedangkan berdasarkan analisa regresi perendaman 30 menit didapatkan persamaan $y = -2.5225x^2 + 3.8785 x + 34259$ dengan koefisien determinasi $R^2 = 0.9575$. Dan analisa regresi perendaman 24 jam didapatkan persamaan $y = 5.375 x^2 - 0.792x + 4.1273$ dengan koefisien determinasi $R^2 = 0,9795$

c. VIM

Grafik 5.16. Hubungan antara Lumpur Lapindo dengan VIM



Terjadi peningkatan nilai VIM akibat penambahan kadar Lumpur Lapindo.

Peningkatan nilai VIM disebabkan oleh bertambahnya kadar filler Lumpur Lapindo yang membuat rongga dalam campuran (VIM) menjadi besar.

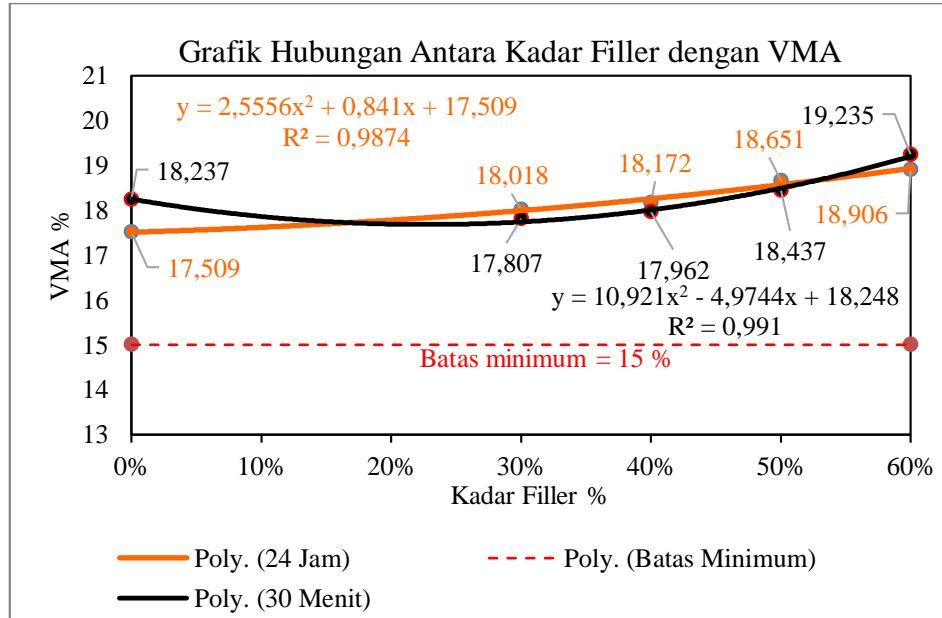
Dari uji hipotesis perendaman 30 menit didapatkan $F_{hitung} = 8.322$ yang lebih besar dari $F_{tabel} = 2,679$, maka H_0 ditolak dan H_a diterima yaitu ada pengaruh variasi penambahan lumpur lapindo terhadap nilai VIM. Dan uji hipotesis perendaman 24 jam didapatkan $F_{hitung} = 37.630$ yang lebih besar dari $F_{tabel} = 2,701$, maka H_0 ditolak dan H_a diterima yaitu ada pengaruh variasi penambahan Lumpur Lapindo terhadap nilai VIM.

Sedangkan berdasarkan analisa regresi perendaman 30 menit didapatkan persamaan $y = 10.867 x^2 - 5.0307 x + 4.5907$ dengan koefisien determinasi $R^2 =$

0.9965. Dan analisa regresi perendaman 24 jam didapatkan persamaan $y = 2.9822x^2 + 0.9814x + 3.7388$ dengan koefisien determinasi $R^2 = 0.9874$

d. VMA

Grafik 5.17. Hubungan antara Lumpur Lapindo dengan VMA



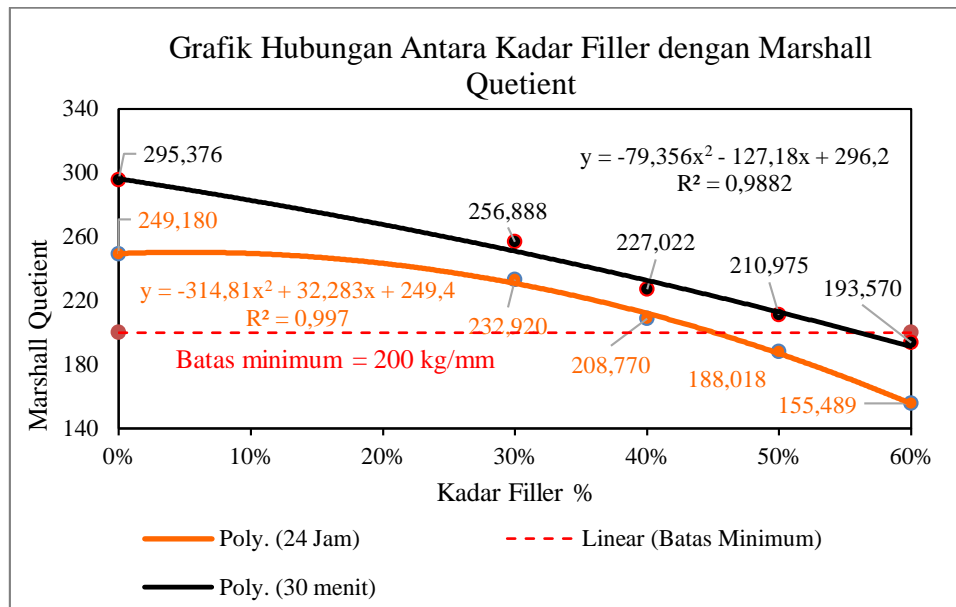
Terjadi peningkatan nilai VMA akibat penambahan kadar serbuk Lumpur Lapindo. Peningkatan nilai VMA disebabkan kadar filter Lumpur Lapindo yang membuat rongga dalam campuran agregat (VMA) menjadi besar.

Dari uji hipotesis perendaman 30 menit didapatkan $F_{hitung} = 8.454$ lebih besar dari $F_{tabel} = 2,965$, maka H_0 ditolak dan H_a diterima yaitu ada pengaruh variabel penambahan Lumpur Lapindo terhadap nilai VMA. Dan dari uji hipotesis perendaman 24 jam didapatkan $F_{hitung} = 38.219$ lebih besar dari $F_{tabel} = 2,965$, maka H_0 ditolak dan H_a diterima yaitu ada pengaruh variabel penambahan Lumpur Lapindo terhadap nilai VMA.

Sedangkan berdasarkan analisa regresi perendaman 30 menit didapatkan persamaan $y = 10.921x^2 - 4.9744x + 18.248$ dengan koefisien determinasi $R^2 = 0.991$. Dan analisa regresi perendaman 24 jam didapatkan persamaan $y = 2.556x^2 + 0.841x + 17.509$ dengan koefisien determinasi $R^2 = 0.9874$

e. MQ (Marshall Quotient)

Grafik 5.18. Hubungan antara Lumpur Lapindo dengan MQ



Terjadi penurunan nilai MQ akibat penambahan kadar Lumpur Lapindo. MQ (Marshall Quotient) adalah rasio dari stabilitas dibandingkan dengan flow. Semakin jauh perbedaan nilai stabilitas dan flow, maka nilai MQ Semakin tinggi.

Dari uji hipotesis perendaman 30 menit didapatkan $F_{hitung} = 19.460$ yang lebih besar dari $F_{tabel} = 8.454$ maka H_0 ditolak yaitu ada pengaruh variasi penambahan Filler Lumpur Lapindo terhadap nilai VMA. Dan dari uji hipotesis perendaman 24 jam

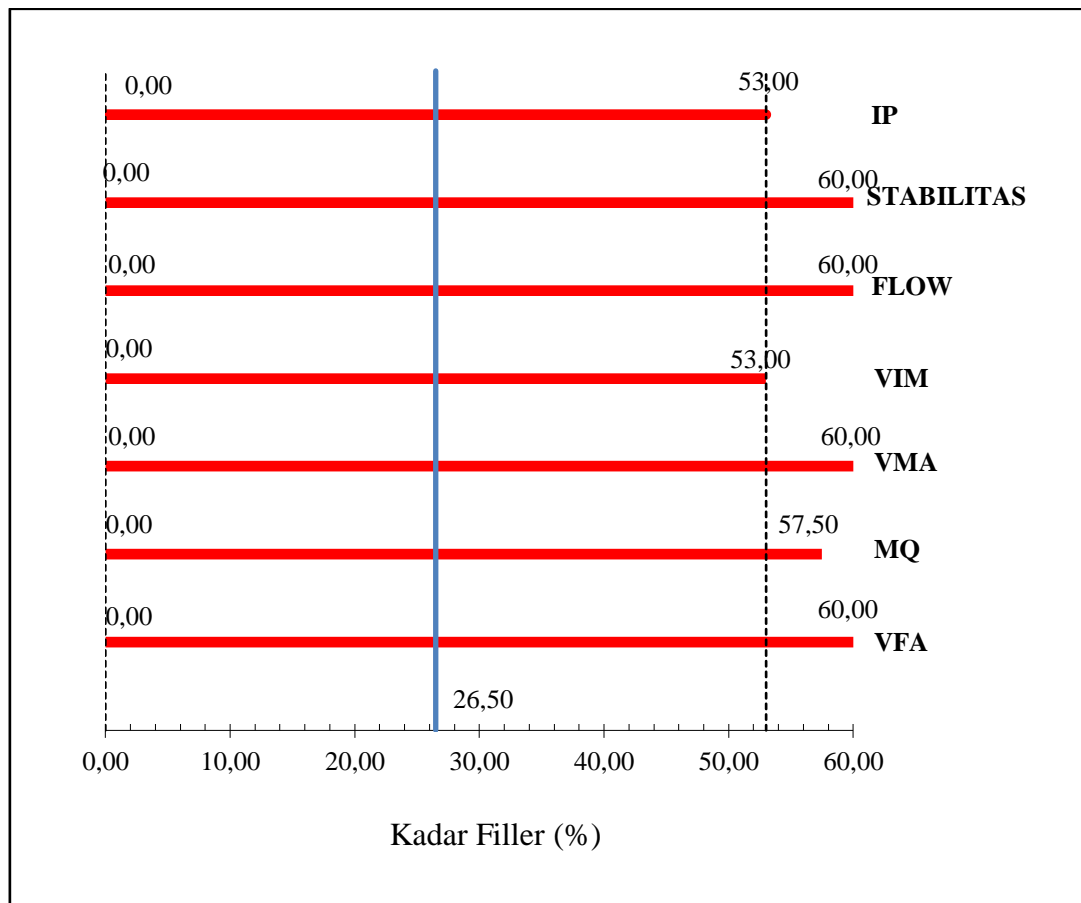
didapatkan $F_{hitung} = 105.725$ lebih besar dari $F_{tabel} = 38.219$, dan H_a diterima yaitu ada pengaruh variasi penambahan Lumpur Lapindo terhadap nilai MQ.

Sedangkan berdasarkan analisa regresi 30 menit didapatkan persamaan $y = -79.536x^2 - 127.18x + 296.2$ dengan koefisien determinasi $R^2 = 0.9882$. Dan analisa regresi 24 jam didapatkan persamaan $y = -314.81x^2 - 32.283x + 249.6$ dengan koefisien determinasi $R^2 = 0.997$.

5.4.3 Kadar Filler Optimum

Dari serangkaian analisa data yang dilakukan, kemudian dibuat diagram batang untuk menentukan kadar *filler* optimum. Di bawah ini adalah diagram batang dari data penelitian ini.

Grafik 5.19. Diagram Batang Filler Optimum



Dari hasil semua parameter, untuk menentukan kadar filler optimum digunakan perhitungan sebagai berikut.

$$\frac{a+b}{2} = \frac{0+53}{2} = 26,50 \quad \text{Nilai kadar filler optimum yang dihasilkan adalah 26.50 \% .}$$

Berdasarkan hasil pengujian Marshall terhadap campuran Asphalt Concrete

Wearing Course (AC-WC) dengan variasi kadar Filler Lumpur Lapindo 0%, 30%,

40%, 50%, 60% didapatkan kadar Filler Lumpur Lapindo optimum sebesar 26,50% dengan total berat Filler Lumpur Lapindo 19,35 gram.

Untuk menentukan kadar Filler Lumpur Lapindo optimum digunakan perhitungan sebagai berikut :

Nilai persentase optimum Filler Lumpur Lapindo : $(\text{Total Filler} / 100) \times \text{KFO} =$

$73 : 100 \times 26,50 = 19,35 \text{ gr}$ (berat kadar Filler Lumpur Lapindo optimum)

grafik 5.19 diagram batang kadar Filler optimum menggunakan Lumpur Lapindo tidak semua kadar memenuhi persyaratan maka untuk mencari kadar aspal optimum dapat dihitung dengan menggunakan persamaan IP dan VIM yaitu :

$$x = \frac{0 + 53}{2}$$

$x = 26,50 \%$ (Nilai x positif karena rentang x 0 -60)

Titik puncak Stabilitas pada kadar aspal optimum

$$y = -1489.2 x^2 + 800.32x - 995.31$$

$$y = \{ -1489.2 \times (26.50^2) \} + \{ 800.32 \times 26.50 \} - 995.31$$

$$y = 1025.57 \text{ Kg}$$

Jadi nilai Stabilitas optimum Filler Lumpur Lapindo dengan kombinasi Filler Abu Batu pada kadar optimum 26.50 % adalah 1025.57 Kg

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah diproses , didapatkan hal – hal sebagai berikut:

1. Proporsi penggunaan Lumpur Lapindo sebagai *filler* pada campuran AC-WC yang optimal didapatkan 26,50% dari berat *filler* keseluruhan.
2. Lumpur Lapindo dapat digunakan sebagai pengganti Abu batu pada beton aspal AC-WC, dengan nilai Stabilitas 1083,175 kg (syarat min 800kg), Flow 4,18 (syarat min 3), VIM 4,053 % (syarat 3%-5%), VMA 17,718 % (syarat min 15%), MQ 260,314 kg/mm (syarat min 200kg/mm), VFA 77,037 % (syarat min 65%), IP 95,632 % (syarat min 90%).

6.2. Saran

Karena keterbatasan waktu penelitian, maka untuk penelitian selanjutnya penulis dapat menyarankan hal – hal sebagai berikut:

1. Agregat merupakan elemen yang rentan oleh perubahan suhu, dan akan menyebabkan setiap parameternya mudah berubah (kadar air, berat jenis, berat isi) dan pada akhirnya job mix tidak sesuai. Oleh karena itu untuk penelitian selanjutnya perlu dilakukan lebih seksama.
2. Karena Lumpur Lapindo memiliki sifat plastis, sehingga dapat digunakan pada penelitian tetapi dengan persentase di bawah 30%. Untuk penelitian selanjutnya diperiksa terlebih dahulu sifat plastis dari agregat yang akan digunakan.

DAFTAR PUSTAKA

Arifin, Zainul M. 2009 Penggunaan Lumpur Lapindo Sebagai Filler Pada Perkerasan Lentur Jalan Raya.

Zainul, Arifin Muhammad. 2011 Penggunaa Lumpur Lapindo Sebagai Filler Pada

Fransen, Hosang Bobby. Perkerasan Lentur Jalan Raya, 2013 Penggunaan Filler Lumpur pada beton aspal A-WC

Sistem dan Teknik Jalan Raya, Institut Teknologi Bandung (tidak dipublikasikan).

Anonim, 1991, *Metode Pengujian Campuran Aspal Dengan Alat Marshall*, SK SNI M- 58-1990-03, Yayasan Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta.

Kementerian Pekerjaan Umum. 2010. Revisi 2 *Seksi 6.3 Spesifikasi Campuran Beraspal Panas*.

Silvia Sukirman, *Beton Aspal Campuran Panas ; edisi 1. Jakarta : Granit*

Standar Nasional Indonesia, SNI. 2003. *Metoda Pengujian Campuran Beraspal Panas dengan Alat Marshall*, RSNI M-01-2003, Badan Standar Nasional Indonesia.



LAMPIRAN
HASIL UJI BAHAN



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551951 - 551431 Psw. 256 Malang 65145

Pekerjaan

: Penelitian

AGGREGATE IMPACT VALUE

AGREGAT 10-10

BS 812 : Part 3 : 1975

		I	II
(A)	Berat benda uji gram	500.0	500.0
(B)	berat benda uji setelah tes dan lewat saringan # 2,36 mm BS gram	40.1	44.4
(C)	Berat benda uji setelah tes dan tertahan saringan # 2,36 mm BS gram	458.4	454.6
	Aggregate Impact Value (AIV) (%)	8.02	8.88
	Rata-rata Aggregate Impact Value (%)	8.45	

Catatan :

Rata-rata Aggregate Impact Value = 8,45 %
(Maksimum 30%)



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551951 - 551431 Psw. 256 Malang 65145

Pekerjaan : Penelitian

ANGULARITY NUMBER AGREGAT 10-10

BS 812 : Part 1 : 1975

Uraian		berat (gram)
Berat silinder kosong	W1	3550
Berat silinder + air penuh	W2	6580
Berat air	C = W2 - W1	3030
Percobaan I		
Berat silinder + agregat	W3	8590
Berat agregat	W4 = W3 - W1	5040
Percobaan II		
Berat silinder + agregat 2	W5	8410
Berat agregat 2	W6 = W5 - W1	4860
Percobaan III		
Berat silinder + agregat 3	W7	8500
Berat agregat 3	W8 = W7 - W1	4950

$$\text{Angka Angularitas} = 67 - \frac{100 M}{C G a} = 7.14$$

Dimana : M = Berat agregat dalam silinder rata-rata
 = (W4 + W6 + W8) / 3
 C = Berat air diisi penuh dalam silinder
 Ga = Berat jenis (Specific Gravity) dari agregat
 (Angularity number berkisar 0-12)



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551951 - 551431 Psw. 256 Malang 65145

Pekerjaan : Penelitian

PENGUJIAN BERAT ISI
AGREGAT 0-5
AASHTO T-19-74

Uraian		berat (gram)		
		I		
Berat silinder kosong	W1	3550		
Berat silinder + air penuh	W2	6580		
Berat air	C = W2 - W1	3030		
Agregat lepas				
Berat silinder + agregat 1	W3	8180	8200	8240
Berat agregat 1	W4 = W3 - W1	4630	4650	4690
Agregat padat dengan tusukan				
Berat silinder + agregat 2	W5	8560	8570	8600
Berat agregat 2	W6 = W5 - W1	5010	5020	5050
Agregat padat dengan goyangan				
Berat silinder + agregat 3	W7	8470	8450	8540
Berat aqregat 3	W8 = W7 - W1	4920	4900	4990

Berat isi agregat = $\frac{W_{4,6,8}}{V}$	$W_{4,6,8}$ = Berat agregat dalam silinder V = volume agregat dalam silinder = volume air dalam silinder		
Berat isi agregat lepas	1.53	1.53	1.55
Berat isi agregat padat dengan tusukan	1.65	1.66	1.67
Berat isi agregat padat dengan goyangan	1.62	1.62	1.65

Catatan :

Rata-rata berat isi = 1.61



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551951 - 551431 Psw. 256 Malang 65145

Pekerjaan : Penelitian

PENGUJIAN BERAT ISI
AGREGAT 5-10
AASHTO T-19-74

Uraian	berat (gram)		
	I		
Berat silinder kosong W1	7870		
Berat silinder + air penuh W2	17860		
Berat air C = W2 - W1	9990		
Agregat lepas			
Berat silinder + agregat W3	22240	22080	22190
Berat agregat W4 = W3 - W1	14370	14210	14320
Agregat padat dengan tusukan			
Berat silinder + agregat W5	23670	23880	23850
Berat agregat 2 W6 = W5 - W1	15800	16010	15980
Agregat padat dengan goyangan			
Berat silinder + agregat 3 W7	24200	23850	23650
Berat aqregat 3 W8 = W7 - W1	16330	15980	15780

Berat isi agregat = $\frac{W_{4,6,8}}{V}$	$W_{4,6,8}$ = Berat agregat dalam silinder V = volume agregat dalam silinder = volume air dalam silinder		
Berat isi agregat lepas	1.44	1.42	1.43
Berat isi agregat padat dengan tusukan	1.58	1.60	1.60
Berat isi agregat padat dengan goyangan	1.63	1.60	1.58

Catatan :

Rata-rata berat isi = 1.54



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551951 - 551431 Psw. 256 Malang 65145

Pekerjaan : Penelitian

PENGUJIAN BERAT ISI
AGREGAT 10-10
AASHTO T-19-74

Uraian	berat (gram)		
	I		
Berat silinder kosong W1	7870		
Berat silinder + air penuh W2	17860		
Berat air C = W2 - W1	9990		
Agregat lepas			
Berat silinder + agregat W3	22030	21840	22000
Berat agregat W4 = W3 - W1	14160	13970	14130
Agregat padat dengan tusukan			
Berat silinder + agregat W5	23450	23300	23520
Berat agregat 2 W6 = W5 - W1	15580	15430	15650
Agregat padat dengan goyangan			
Berat silinder + agregat 3 W7	23900	23420	23680
Berat aqregat 3 W8 = W7 - W1	16030	15550	15810

Berat isi agregat = $\frac{W_{4,6,8}}{V}$	$W_{4,6,8}$ = Berat agregat dalam silinder V = volume agregat dalam silinder = volume air dalam silinder		
Berat isi agregat lepas	1.42	1.40	1.41
Berat isi agregat padat dengan tusukan	1.56	1.54	1.57
Berat isi agregat padat dengan goyangan	1.60	1.56	1.58

Catatan :

Rata-rata berat isi = 1.52



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551951 - 551431 Psw. 256 Malang 65145

Pekerjaan : Penelitian

ANALISA SARINGAN AGREGAT 0-5
AASHTO T-27-82

Ukuran saringan	Berat tertahan (gram)	Kumulatif (gram)	Prosentase	
			tertahan	Lolos
25 mm (1")	0.0	0.00	0.00	100.00
19 mm (3/4")	0.0	0.00	0.00	100.00
12.5 mm (1/2")	4.7	4.70	0.24	99.76
9.5 mm (3/8")	7.4	12.10	0.61	99.39
4.75 mm (No. 4)	58.5	70.60	3.54	96.46
2.36 mm (No. 8)	182.2	252.80	12.66	87.34
2 mm (No. 10)	184.9	437.70	21.92	78.08
1.18 mm (No. 16)	600.8	1038.50	52.02	47.98
0.71 mm (No. 25)	479.6	1518.10	76.04	23.96
0.6 mm (No. 30)	81.9	1600.00	80.14	19.86
0.425 mm (No. 40)	73.5	1673.50	83.82	16.18
0.28 mm (No. 50)	76.0	1749.50	87.63	12.37
0.15 mm (No. 100)	214.4	1963.90	98.37	1.63
0.075 mm (No. 200)	30.6	1994.50	99.90	0.10
p a n	2.0	1996.50	100.00	0.00
Total berat	1996.50			



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551951 - 551431 Psw. 256 Malang 65145

Pekerjaan : Penelitian

ANALISA SARINGAN AGREGAT 5-10
AASHTO T-27-82

Ukuran saringan	Berat tertahan (gram)	Kumulatif (gram)	Prosentase	
			tertahan	Lolos
25 mm (1")	0.0	0.00	0.00	100.00
19 mm (3/4")	0.0	0.00	0.00	100.00
12.5 mm (1/2")	0.0	0.00	0.00	100.00
9.5 mm (3/8")	187.3	187.30	1.87	98.13
4.75 mm (No. 4)	7610.0	7797.30	77.74	22.26
2.36 mm (No. 8)	1814.0	9611.30	95.83	4.17
2 mm (No. 10)	139.0	9750.30	97.22	2.78
1.18 mm (No. 16)	96.8	9847.10	98.18	1.82
0.71 mm (No. 25)	21.7	9868.80	98.40	1.60
0.6 mm (No. 30)	4.6	9873.40	98.44	1.56
0.425 mm (No. 40)	7.2	9880.60	98.51	1.49
0.28 mm (No. 50)	5.1	9885.70	98.57	1.43
0.15 mm (No. 100)	30.7	9916.40	98.87	1.13
0.075 mm (No. 200)	103.2	10019.60	99.90	0.10
p a n	10.0	10029.60	100.00	0.00
Total berat	10029.60			



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551951 - 551431 Psw. 256 Malang 65145

Pekerjaan : Penelitian

ANALISA SARINGAN AGREGAT 10-10
AASHTO T-27-82

Ukuran saringan	Berat tertahan (gram)	Kumulatif (gram)	Prosentase	
			tertahan	Lolos
25 mm (1")	0.0	0.00	0.00	100.00
19 mm (3/4")	23.7	23.70	0.12	99.88
12.5 mm (1/2")	4530.0	4553.70	22.85	77.15
9.5 mm (3/8")	11710.0	16263.70	81.61	18.39
4.75 mm (No. 4)	3510.0	19773.70	99.22	0.78
2.36 mm (No. 8)	86.6	19860.30	99.66	0.34
2 mm (No. 10)	10.3	19870.60	99.71	0.29
1.18 mm (No. 16)	6.9	19877.50	99.74	0.26
0.71 mm (No. 25)	3.5	19881.00	99.76	0.24
0.6 mm (No. 30)	2.5	19883.50	99.77	0.23
0.425 mm (No. 40)	1.5	19885.00	99.78	0.22
0.28 mm (No. 50)	2.6	19887.60	99.79	0.21
0.15 mm (No. 100)	10.3	19897.90	99.85	0.15
0.075 mm (No. 200)	5.0	19902.94	99.87	0.13
p a n	25.8	19928.74	100.00	0.00
Total berat	19928.74			



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551951 - 551431 Psw. 256 Malang 65145

Pekerjaan : Penelitian

BERAT JENIS DAN PENYERAPAN
AGREGAT 0-5
AASHTO T-84-81

		I	II	Rata-rata
Berat contoh kering oven	B _k	496.90	496.90	496.90
Berat contoh kering permukaan jenuh	B _j	500.00	500.00	500.00
Berat piknometer diisi air pada 25°C	B	665.90	663.50	664.70
Berat piknometer + contoh + air (25°C)	B _t	981.10	979.70	980.40
Berat Jenis (bulk)	$\frac{B_k}{(B + B_j - B_t)}$	2.69	2.70	2.70
Berat jenis kering permukaan jenuh	$\frac{B_j}{(B + B_j - B_t)}$	2.71	2.72	2.71
Berat jenis semu (apparent)	$\frac{B_k}{(B + B_k - B_t)}$	2.69	2.70	2.70
Penyerapan (absorpsi)	$\frac{B_j - B_k}{B_k} \times 100 \%$	0.62%	0.62%	0.62%

Catatan :

Syarat : Berat jenis curah (bulk) Minimum = 2,5



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551951 - 551431 Psw. 256 Malang 65145

Pekerjaan : Penelitian

BERAT JENIS DAN PENYERAPAN
AGREGAT 05-10
AASHTO T-85-81

		I	II	Rata-rata
Berat contoh kering oven	B _k	2920	2930	2925
Berat contoh kering permukaan jenuh	B _j	3000	3000	3000
Berat contoh di dalam air	B _a	1887.2	1888.4	1887.8
Berat Jenis (bulk)	$\frac{B_k}{B_j - B_a}$	2.62	2.64	2.63
Berat jenis kering permukaan jenuh	$\frac{B_j}{B_j - B_a}$	2.70	2.70	2.70
Berat jenis semu (apparent)	$\frac{B_k}{B_k - B_a}$	2.83	2.81	2.82
Penyerapan (absorpsi)	$\frac{B_j - B_k}{B_k} \times 100 \%$	2.74%	2.39%	2.56%

Catatan :

Syarat : Berat jenis curah (bulk) Minimum = 2,5



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551951 - 551431 Psw. 256 Malang 65145

Pekerjaan : Penelitian

BERAT JENIS DAN PENYERAPAN
AGREGAT 10-10
AASHTO T-85-81

		I	II	Rata-rata
Berat contoh kering oven	B _k	4950	4930	4940
Berat contoh kering permukaan jenuh	B _j	5000	5000	5000
Berat contoh di dalam air	B _a	3193.6	3186	3189.8
Berat Jenis (bulk)	$\frac{B_k}{B_j - B_a}$	2.74	2.72	2.73
Berat jenis kering permukaan jenuh	$\frac{B_j}{B_j - B_a}$	2.77	2.76	2.76
Berat jenis semu (apparent)	$\frac{B_k}{B_k - B_a}$	2.82	2.83	2.82
Penyerapan (absorpsi)	$\frac{B_j - B_k}{B_k} \times 100 \%$	1.01%	1.42%	1.21%

Catatan :

Syarat : Berat jenis curah (bulk) Minimum = 2,5



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551951 - 551431 Psw. 256 Malang 65145

Pekerjaan : Penelitian

PENGUJIAN KEAUSAN AGREGAT KASAR 10-10
dengan Mesin Abrasi Los Angeles (500 Putaran)

AASHTO T 96 - 77

Gradasi pemeriksaan		B (fraksi 10 - 20 mm)			
Saringan		I		II	
Lolos	tertahan	Berat sebelum	Berat sesudah	Berat sebelum	Berat sesudah
76.20 mm (3")	63.50 mm (2,5")				
63.50 mm (2,5")	50.80 mm (2")				
50.80 mm (2")	37.50 mm (1,5")				
37.50 mm (1,5")	25.40 mm (1")				
25.40 mm (1")	19.00 mm (3/4")				
19.00 mm (3/4")	12.50 mm (1/2")				
12.50 mm (1/2")	9.50 mm (3/8")	2500			
9.50 mm (3/8")	6.30 mm (1/4")	2500			
6.30 mm (1/4")	4.75 mm (No. 4)				
4.75 mm (No. 4)	2.38 mm (No. 8)				
Jumlah berat		5000			
Berat tertahan saringan no 12			4180		

		I	II	
a	Berat benda uji semula	5000		gram
b	Berat benda uji tertahan s/d saringan No.12	4101.5		gram
	Keausan : $\frac{a-b}{a} \times 100 \%$	17.97		%

Catatan :

Keausan = 17.97 % < 40 %

(Syarat : Maksimum Keausan Agregat pada 500 putaran sebesar 40 %)



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551951 - 551431 Psw. 256 Malang 65145

Pekerjaan : Penelitian

PENGUJIAN PENETRASI BAHAN-BAHAN BITUMEN
(AASHTO T-49-80)

Persiapan contoh	Contoh dipanaskan	Pembacaan suhu aspal
	Mulai jam : 08.50 WIB	140 °C
	Selesai jam : 10.00 WIB	

Mencapai suhu pemeriksaan	Direndam pada suhu 25 °C	Pembacaan suhu water bath
	Mulai jam : 11.00 WIB	25 °C
	Selesai jam : 12.30 WIB	

Pemeriksaan	Penetrasi pada suhu 25 °C	Pembacaan suhu termometer
	Mulai jam : 12.30 WIB	25 °C
	Selesai jam : 13.30 WIB	

Penetrasi pada 25 °C dengan beban 100 gr, jangka waktu 5 detik :

Pengamatan	1	2	3	4	5
Benda uji I	67	69	70	71	73
Benda uji II	65	67	69	71	73
Rata-rata	69.50				

Catatan :

Rata-rata penetrasi = 69,50 (10^{-1} mm)

[Syarat : Minimum = 60 dan Maksimum = 79 (10^{-1} mm)]



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551951 - 551431 Psw. 256 Malang 65145

Pekerjaan : Penelitian

PENGUJIAN PENETRASI BAHAN-BAHAN BITUMEN
SETELAH KEHILANGAN BERAT
(AASHTO T-49-80)

Mencapai suhu pemeriksaan	Direndam pada suhu 25 °C	Pembacaan suhu water bath
	Mulai jam : 17.00 WIB	25 °C
	Selesai jam : 18.30 WIB	

Pemeriksaan	Penetrasi pada suhu 25 °C	Pembacaan suhu termometer
	Mulai jam : 18.30 WIB	25 °C
	Selesai jam : 19.30 WIB	

Penetrasi pada 25 °C dengan beban 100 gr, jangka waktu 5 detik :

Pengamatan	1	2	3	4	5
Benda uji I	60	63	63	67	67
Benda uji II	61	63	65	65	67
Rata-rata	64.10				

Catatan :

Rata-rata penetrasi setelah kehilangan berat = 64,10 (10^{-1} mm)
(92,23 % dari penetrasi sebelum kehilangan berat. Syarat : Minimum 75%)



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551951 - 551431 Psw. 256 Malang 65145

Pekerjaan : Penelitian

PENGUJIAN TITIK NYALA DAN TITIK BAKAR ASPAL
dengan Cleveland Open Cup
(AASHTO T-48-81)

Persiapan contoh	Contoh dipanaskan	Pembacaan suhu aspal
	Mulai jam : 08.50 WIB	140 °C
	Selesai jam : 09.50 WIB	
Menuang contoh	Penuangan contoh	Pembacaan suhu menuang
	Mulai jam : 09.50 WIB	140 °C
	Selesai jam : 10.00 WIB	
Kenaikan suhu contoh	Sampai 56 °C di bawah titik nyala	
	Mulai jam : 11.00 WIB	15 °C per menit
	Selesai jam : 11.30 WIB	
	antara 56 s/d 28 °C di bawah titik nyala	
	Mulai jam : 11.30 WIB	5 °C s/d 6 °C per menit
	Selesai jam : 11.38 WIB	
Titik nyala perkiraan = 320 °C		

°C di bawah titik nyala	Waktu	°C	Titik Nyala
56	11.30 WIB	264	
51	11.31 WIB	269	
46	11.32 WIB	274	
41	11.34 WIB	279	
36	11.34 WIB	284	
31	11.35 WIB	289	
26	11.36 WIB	294	
21	11.37 WIB	299	302 nyala
16	11.38 WIB	304	304 bakar
11			
6			
1			

Catatan :

Titik nyala = 302 °C, Titik bakar = 304 °C
(Syarat : Titik Nyala Minimal 232 °C)



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551951 - 551431 Psw. 256 Malang 65145

Pekerjaan : Penelitian

PENGUJIAN TITIK LEMBЕК ASPAL DAN TER
SEBELUM KEHILANGAN BERAT
(AASHTO T-53-89)

Mendinginkan contoh	Didiamkan pada suhu ruang	Pembacaan suhu ruang
	Mulai jam : 10.00 WIB	27 °C
	Selesai jam : 11.00 WIB	
Mencapai suhu pemeriksaan	Didiamkan pada suhu 5 °C	Pembacaan suhu es
	Mulai jam : 11.00 WIB	0 °C
	Selesai jam : 12.30 WIB	
Pemeriksaan titik lembek	Mulai jam : 12.30 WIB	
	Selesai jam : 12.51 WIB	

Suhu yang diamati		Waktu		Titik lembek °C	
°C	°F	Benda Uji I	Benda Uji II	Benda Uji I	Benda Uji II
0		12.30	12.30		
5		12.33	12.33		
10		12.37	12.37		
15		12.40	12.40		
20		12.42	12.42		
25		12.44	12.44		
30		12.45	12.45		
35		12.47	12.47		
40		12.49	12.49		
45		12.51	12.51	12,51 (49 °C)	12,51 (49 °C)

Catatan :

Titik lembek setelah kehilangan berat = 49 °C dalam 21 menit pemeriksaan
(Syarat : 48 - 58 °C)



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551951 - 551431 Psw. 256 Malang 65145

Pekerjaan : Penelitian

PENGUJIAN TITIK LEMBЕК ASPAL DAN TER
SETELAH KEHILANGAN BERAT
(AASHTO T-53-89)

Mendinginkan contoh	Didiamkan pada suhu ruang	
	Mulai jam	: 16.00 WIB
	Selesai jam	: 17.00 WIB
Mencapai suhu pemeriksaan	Didiamkan pada suhu 5 °C	
	Mulai jam	: 17.00 WIB
	Selesai jam	: 18.30 WIB
Pemeriksaan titik lembek	Pembacaan suhu es	
	0 °C	
	Mulai jam	: 18.30 WIB
	Selesai jam	: 14.00 WIB

Suhu yang diamati		Waktu		Titik lembek °C	
°C	°F	Benda Uji I	Benda Uji II	Benda Uji I	Benda Uji II
0		18.30	18.30		
5		18.38	18.38		
10		18.42	18.42		
15		18.45	18.45		
20		18.47	18.47		
25		18.49	18.49		
30		18.50	18.50		
35		18.52	18.52		
40		18.55	18.55		
45		18.56	18.56		
50		18.58	18.58		
55		18.59	18.59	18.59 (56 °C)	18.59 (57 °C)

Catatan :

Titik lembek setelah kehilangan berat = 56,5 °C dalam 29 menit pemeriksaan



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551951 - 551431 Psw. 256 Malang 65145

Pekerjaan : Penelitian

PENGUJIAN DAKTILITAS BAHAN-BAHAN ASPAL
(AASHTO T-51-81)

Persiapan contoh	Contoh dipanaskan	Pembacaan suhu aspal
	Mulai jam : 08.50 WIB	140 °C
	Selesai jam : 10.00 WIB	
Mendinginkan contoh	Didiamkan pada suhu ruang	Pembacaan suhu ruang
	Mulai jam : 10.00 WIB	27 °C
	Selesai jam : 11.00 WIB	
Mencapai suhu pemeriksaan	Direndam pada suhu 25 °C	Pembacaan suhu water bath
	Mulai jam : 11.00 WIB	25 °C
	Selesai jam : 12.30 WIB	
Pemeriksaan Daktilitas	Mulai jam : 12.30 WIB	Pembacaan suhu alat
	Selesai jam : 13.00 WIB	25 °C

Daktilitas pada 25 °C dengan kecepatan mesin 5 cm per menit :

Pengamatan	1	2
Pembacaan	> 100 cm	> 100 cm
Rata-rata	> 100 cm	

Catatan :

Daktilitas = > 100 cm
(Syarat : Minimum = 100 cm)



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551951 - 551431 Psw. 256 Malang 65145

Pekerjaan : Penelitian

PENGUJIAN DAKTILITAS BAHAN-BAHAN ASPAL
SETELAH KEHILANGAN BERAT
(AASHTO T-51-81)

Mendinginkan contoh	Didiamkan pada suhu ruang	
	Mulai jam : 16.00 WIB	
	Selesai jam : 17.00 WIB	
Mencapai suhu pemeriksaan	Direndam pada suhu 25 °C	Pembacaan suhu water bath
	Mulai jam : 17.00 WIB	25 °C
	Selesai jam : 18.30 WIB	
Pemeriksaan Daktilitas	Mulai jam : 18.30 WIB	Pembacaan suhu alat
	Selesai jam : 19.00 WIB	25 °C

Daktilitas pada 25 °C dengan kecepatan mesin 5 cm per menit :

Pengamatan	1	2
Pembacaan	> 100 cm	> 100 cm
Rata-rata	> 100 cm	

Catatan :

Daktilitas setelah kehilangan berat = > 100 cm
(Syarat : Minimum 48 - 56 % dari nilai uji daktilitas sebelum kehilangan berat)



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551951 - 551431 Psw. 256 Malang 65145

Pekerjaan : Penelitian

PENGUJIAN BERAT JENIS ASPAL KERAS
(AASHTO T-226-79)

Persiapan contoh	Contoh dipanaskan	Pembacaan suhu aspal
	Mulai jam : 08.50 WIB	140 °C
	Selesai jam : 10.00 WIB	
Mendinginkan contoh	Didiamkan pada suhu ruang	Pembacaan suhu ruang
	Mulai jam : 10.00 WIB	27 °C
	Selesai jam : 11.00 WIB	
Mencapai suhu pemeriksaan	Direndam pada suhu 25 °C	Pembacaan suhu water bath
	Mulai jam : 11.00 WIB	25 °C
	Selesai jam : 12.30 WIB	
Pemeriksaan Berat Jenis	Mulai jam : 12.30 WIB	Pembacaan suhu water bath
	Selesai jam : 12.40 WIB	25 °C

	Sampel I	Sampel II
Berat piknometer + air	65.9	65.9
Berat piknometer	28.8	28.8
Berat air (= isi piknometer)	37.1	37.1
Berat piknometer + contoh	50.6	53.3
Berat piknometer	28.8	28.8
Berat contoh	21.8	24.5
Berat pikno + air + contoh	66.3	66.5
Berat piknometer + contoh	50.6	53.3
Berat air	16	13.2
Isi bitumen	21.4	23.9
Berat Jenis :		
<u>Berat contoh</u>	1.02	1.03
Berat air sebanyak isi bitumen		

Catatan :

Berat jenis = 1.025
(Syarat : Minimum = 1)



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551951 - 551431 Psw. 256 Malang 65145

Pekerjaan : Penelitian

PENGUJIAN KEHILANGAN BERAT MINYAK DAN ASPAL
(AASHTO T-47-82)

Persiapan contoh	Contoh dipanaskan	Pembacaan suhu aspal
	Mulai jam : 08.50 WIB	150 °C
	Selesai jam : 10.00 WIB	
Mendinginkan contoh	Didiamkan pada suhu ruang	Pembacaan suhu ruang
	Mulai jam : 10.00 WIB	27 °C
	Selesai jam : 11.00 WIB	
Pemeriksaan kehilangan berat pada 163°C	Mulai jam : 11.00 WIB	Pembacaan suhu dlm contoh
	Selesai jam : 16.00 WIB	163 °C

	Sampel I	Sampel II	Sampel III	Sampel IV
Berat cawan + aspal keras	69.6	69.4	69.7	
Berat cawan kosong	13.2	13.1	13	
Berat aspal keras	56.4	56.3	56.7	
Berat sebelum pemanasan	69.6	69.4	69.7	
Berat sesudah pemanasan	69.4	69.3	69.6	
Kehilangan berat	0.2	0.1	0.1	
Kehilangan berat dlm %	0.287	0.144	0.143	
Rata-rata (%)	0.192			

Catatan :

Kehilangan berat rata-rata = 0,192 %
(Syarat : Maksimum = 0,4 %)



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551951 – 551431 Psw. 256 Malang 65145

PEMERIKSAAN BERAT JENIS

PEKERJAAN : Pengujian

JENIS : Abu Batu

Kode		I	II
Nomor Botol		D1	D3
Berat Botol + Abu Batu (W_2)	gr	100.10	105.40
Berat Botol (W_1)	gr	40.30	39.10
Berat Abu Batu($W_2 - W_1$)	gr	59.80	66.30
Suhu (T)	°C	25	25
Berat Botol + Air pada T (W_4)	gr	140	138.8
$W_2 - W_1 + W_4$	gr	199.80	205.10
Berat Botol + Air + Abu Batu (W_3)	gr	177.40	180.60
Faktor Koreksi Suhu		0.9971	0.9971
Isi Abu Batu ($W_2 - W_1$) + ($W_4 - W_3$)	cm ³	22.40	24.50
Berat Jenis Abu Batu		2.662	2.698
Rata-rata		2.680	



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551951 – 551431 Psw. 256 Malang 65145

PEMERIKSAAN BERAT JENIS

PEKERJAAN Penelitian
JENIS Serbuk Arang batok kelapa

Kode		I	II
Nomor Botol		D1	D3
Berat Botol + serbuk batok kelapa (W_2)	gr	61.30	60.00
Berat Botol (W_1)	gr	40.30	39.10
Berat serbuk batok kelapa ($W_2 - W_1$)	gr	21.00	20.90
Suhu (T)	°C	25	25
Berat Botol + Air pada T (W_4)	gr	140	138.8
$W_2 - W_1 + W_4$	gr	161.00	159.70
Berat Botol + Air + Tanah (W_3)	gr	146.60	145.70
Faktor Koreksi Suhu		0.9971	0.9971
Isi Serbuk batok ($W_2 - W_1$) + ($W_4 - W_3$)	cm ³	14.40	14.00
Berat Jenis Serbuk Arang Batok Kelapa		1.454	1.488
Rata-rata		1.471	



LAMPIRAN
Fhitung & Ftabel

SERBUK ARANG BATOK KELAPA

Data Stabilitas					
Kadar (A.B.K)	1	2	3	4	5
0%	1070.52	963.83	987.20	1016.12	967.94
0.61%	1020.88	1053.29	988.08	1069.06	992.76
1.22%	1020.88	1043.72	1039.87	1068.63	992.62
1.83%	1049.99	1057.93	1052.84	1011.57	1018.29
2.44%	1035.94	1034.83	1016.36	939.31	1043.12
3.05%	992.77	1000.36	983.67	964.94	970.02
3.67%	981.99	993.45	944.46	916.43	913.13
4.28%	913.35	820.10	922.51	926.24	859.76
4.89%	873.64	845.73	823.51	855.20	881.15



Analisa Varian Satu Arah Data VIM										
Kadar (A.B.K)	0%	0.61%	1.22%	1.83%	2.44%	3.05%	3.67%	4.28%	4.89%	Jumlah
Sampel										
1	963.83	1020.88	1020.88	1049.99	1035.94	992.77	981.99	913.35	873.64	8853.28
2	987.20	1053.29	1043.72	1057.93	1034.83	1000.36	993.45	922.51	845.73	8939.03
3	1016.12	988.08	1039.87	1052.84	1016.36	983.67	944.46	926.24	855.20	8822.84
4	967.94	1069.06		1011.57	1043.12	964.94	916.43	859.76	881.15	7713.98
5		992.76		1018.29		970.02	913.13			3894.19
										Total
Jumlah	3935.10	5124.07	3104.47	5190.62	4130.26	4911.76	4749.46	3621.86	3455.72	38223.31
sampel lolos	4	5	3	5	4	5	5	4	4	39
Rata-rata	983.77	1024.81	1034.82	1038.12	1032.56	982.35	949.89	905.47	863.93	

Kuadrat Tengah (JK)	928977.20	1042194.97	1042194.97	1102482.14	1073179.59	985584.29	964303.19	834214.88	763242.52	37609211
	974565.16	1109428.41	1089350.53	1119221.79	1070883.02	1000728.53	986941.72	851017.79	715254.51	
	1032507.29	976301.83	1081331.13	1108465.61	1032981.25	967610.49	891996.19	857917.79	731373.34	
	936902.79	1142894.78		1023270.95	1088103.25	931109.70	839847.69	739194.22	776424.34	
		985565.06		1036905.65		940938.57	833804.34			
Dalam Perlakuan	3	4	2	4	3	4	4	3	3	30

JK	37609211
Ry	37462086
Py	127730.04
Ey	19395.472

Sumber Variasi	dk	JK	KT
Rata - rata	1	37609211.5	37609211.5
Antar Perlakuan	8	127730	15966.25
Dalam Perlakuan	30	19395.47	646.5157
Jumlah	39		

$F_{hitung} = \frac{\text{Antar Perlakuan}}{\text{Dalam Perlakuan}} = \frac{15966.2548}{646.515728} = 24.696$

Kadar (A.B.K)	0%	0.61%	1.22%	1.83%	2.44%	3.05%	3.67%	4.28%	4.89%
Sampel									
1	963.83	1020.88	1020.88	1049.99	1035.94	992.77	981.99	913.35	873.64
2	987.20	1053.29	1043.72	1057.93	1034.83	1000.36	993.45	922.51	845.73
3	1016.12	988.08	1039.87	1052.84	1016.36	983.67	944.46	926.24	855.20
4	967.94	1069.06		1011.57	1043.12	964.94	916.43	859.76	881.15
5		992.76		1018.29		970.02	913.13		

Anova: Single Factor

SUMMARY

Groups	Count	Sum	Average	Variance
Column 1	4	3935.10	983.77	568.87
Column 2	5	5124.07	1024.81	1290.41
Column 3	3	3104.47	1034.82	149.52
Column 4	5	5190.62	1038.12	462.11
Column 5	4	4130.26	1032.56	130.24
Column 6	5	4911.76	982.35	222.47
Column 7	5	4749.46	949.89	1357.04
Column 8	4	3621.86	905.47	957.58
Column 9	4	3455.72	863.93	266.08

ANOVA

Source of Varia	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between G	127730	8	15966.25	24.696	3.468	2.266
Within Gro	19395.47	30	646.52			
Total	147125.5	38				

Parameter	F _{hitung}	</>	F _{tabel}	Hipotesa		Kesimpulan
Stabilitas (Kg)	24.696	>	2.266	Ha diterima	Ho ditolak	Terdapat Pengaruh terhadap stabilitas

SERBUK ARANG BATOK KELAPA

Data Flow					
Kadar (A.B.K)	1	2	3	4	5
0%	3.60	3.50	3.30	3.90	3.40
0.61%	3.90	3.70	3.50	3.40	3.40
1.22%	3.60	3.80	4.10	3.50	3.30
1.83%	3.50	4.20	3.90	3.40	3.50
2.44%	4.30	4.10	3.60	3.10	3.30
3.05%	3.50	4.10	3.60	4.20	3.30
3.67%	3.90	4.30	4.20	3.60	3.60
4.28%	3.70	3.60	4.40	4.20	4.40
4.89%	4.30	4.10	4.30	4.60	5.10

Analisa Varian Satu Arah Data VIM										
Kadar (A.B.K)	0%	0.61%	1.22%	1.83%	2.44%	3.05%	3.67%	4.28%	4.89%	Jumlah
Sampel										
1	3.600	3.700	3.600	3.500	4.300	3.500	3.900	3.700	4.300	34.100
2	3.500	3.500	3.800	3.900	4.100	4.100	4.300	3.600	4.100	34.900
3	3.300	3.400	3.500	3.400	3.600	3.600	4.200	4.400	4.300	33.700
4	3.400	3.400	3.300	3.500	3.100	4.200	3.600	4.200	4.600	33.300
5					3.300	3.300	3.600	4.400		14.60
										Total
Jumlah	13.800	14.000	14.200	14.300	18.400	18.700	19.600	20.300	17.300	150.600
	4	4	4	4	5	5	5	5	4	40
Rata-rata	3.450	3.500	3.550	3.575	3.680	3.740	3.920	4.060	4.325	

Kuadrat Tengah (JK)	12.96	13.69	12.96	12.25	18.49	12.25	15.21	13.69	18.49	
	12.25	12.25	14.44	15.21	16.81	16.81	18.49	12.96	16.81	
	10.89	11.56	12.25	11.56	12.96	12.96	17.64	19.36	18.49	
	11.56	11.56	10.89	12.25	9.61	17.64	12.96	17.64	21.16	
					10.89	10.89	12.96	19.36		
Dalam Perlakuan	3	3	3	3	4	4	4	4	3	31

JK 573.06
Ry 567.009
Py 2.856
Ey 3.195

Sumber Variasi	dk	JK	KT
Rata - rata	1	573.06	573.06
Antar Perlakuan	8	2.856	0.357
Dalam Perlakuan	31	3.19	0.1031
Jumlah	40		

$$F_{hitung} = \frac{\text{Antar Perlakuan}}{\text{Dalam Perlakuan}} = \frac{0.357}{0.10306452} = 3.464$$

Kadar (A.B.K)	0%	0.61%	1.22%	1.83%	2.44%	3.05%	3.67%	4.28%	4.89%
Sampel									
1	3.60	3.70	3.60	3.50	4.30	3.50	3.90	3.70	4.30
2	3.50	3.50	3.80	3.90	4.10	4.10	4.30	3.60	4.10
3	3.30	3.40	3.50	3.40	3.60	3.60	4.20	4.40	4.30
4	3.40	3.40	3.30	3.50	3.10	4.20	3.60	4.20	4.60
5					3.30	3.30	3.60	4.40	

Anova: Single Factor

SUMMARY

Groups	Count	Sum	Average	Variance
Column 1	4	13.800	3.450	0.017
Column 2	4	14.000	3.500	0.020
Column 3	4	14.200	3.550	0.043
Column 4	4	14.300	3.575	0.049
Column 5	5	18.400	3.680	0.262
Column 6	5	18.700	3.740	0.153
Column 7	5	19.600	3.920	0.107
Column 8	5	20.300	4.060	0.148
Column 9	4	17.300	4.325	0.043

ANOVA

Source of Variatio	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	2.856	8	0.357	3.464	0.006	2.255
Within Groups	3.195	31	0.103065			
Total	6.051	39				

Parameter	F _{hitung}	</>	F _{tabel}	Hipotesa		Kesimpulan
Flow (%)	3.464	>	2.255	Ha diterima	Ho ditolak	Terdapat Pengaruh terhadap Flow

SERBUK ARANG BATOK KELAPA

Data VIM					
Kadar (A.B.K)	1	2	3	4	5
0%	4.155	4.245	4.338	4.501	4.256
0.61%	4.517	4.513	5.298	3.626	3.537
1.22%	4.122	4.969	3.595	3.329	4.362
1.83%	5.024	3.240	3.747	3.840	3.293
2.44%	4.017	5.156	4.047	2.557	2.961
3.05%	3.555	3.162	3.569	5.329	4.172
3.67%	3.982	3.649	5.085	4.800	3.708
4.28%	4.187	4.819	4.679	5.645	4.518
4.89%	6.922	4.968	4.827	3.874	5.357

Analisa Varian Satu Arah Data VIM										
Kadar (A.B.K)	0%	0.61%	1.22%	1.83%	2.44%	3.05%	3.67%	4.28%	4.89%	Jumlah
Sampel										
1	4.155	4.517	4.122	3.240	4.017	3.555	3.982	4.187	4.968	36.742
2	4.245	4.513	3.595	3.747	4.047	3.162	3.649	4.819	4.827	36.606
3	4.338	3.626	3.329	3.840	2.557	3.569	4.800	4.679	3.874	34.612
4	4.256	3.537	4.362	3.293	2.961	4.172	3.708	4.518	5.357	36.165
5										
										Total
Jumlah	16.995	16.192	15.408	14.120	13.581	14.458	16.139	18.203	19.027	144.125
	4	4	4	4	4	4	4	4	4	36
Rata-rata	4.249	4.048	3.852	3.530	3.395	3.615	4.035	4.551	4.757	

Kuadrat Tengah (JK)	17.262	20.402	16.990	10.499	16.133	12.638	15.853	17.531	24.685	
	18.023	20.368	12.923	14.043	16.375	10.001	13.318	23.223	23.305	
	18.819	13.145	11.081	14.748	6.539	12.737	23.041	21.891	15.010	
	18.118	12.509	19.031	10.841	8.768	17.405	13.752	20.414	28.701	
Dalam Perlakuan	3	3	3	3	3	3	3	3	3	27

JK	590.12212
Ry	577.00233
Py	6.7934018
Ey	6.3263858

Sumber Variasi	dk	JK	KT
Rata - rata	1	590.122122	590.122122
Antar Perlakuan	8	6.793	0.849
Dalam Perlakuan	27	6.33	0.2343
Jumlah	36		

$F_{hitung} =$

Antar Perlakuan

Dalam Perlakuan

=

=

=

0.84917522

0.23431059

3.624

Kadar (A.B.K)	0%	0.61%	1.22%	1.83%	2.44%	3.05%	3.67%	4.28%	4.89%
Sampel									
1	4.15	4.52	4.12	3.24	4.02	3.56	3.98	4.19	4.97
2	4.25	4.51	3.59	3.75	4.05	3.16	3.65	4.82	4.83
3	4.34	3.63	3.33	3.84	2.56	3.57	4.80	4.68	3.87
4	4.26	3.54	4.36	3.29	2.96	4.17	3.71	4.52	5.36
5									

Anova: Single Factor

SUMMARY

Groups	Count	Sum	Average	Variance
Column 1	4	16.995	4.249	0.006
Column 2	4	16.192	4.048	0.292
Column 3	4	15.408	3.852	0.224
Column 4	4	14.120	3.530	0.095
Column 5	4	13.581	3.395	0.567
Column 6	4	14.458	3.615	0.174
Column 7	4	16.139	4.035	0.281
Column 8	4	18.203	4.551	0.074
Column 9	4	19.027	4.757	0.396

ANOVA

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	6.793402	8	0.849175	3.624	0.00552639	2.305
Within Groups	6.326386	27	0.234311			
Total	13.11979	35				

Parameter	F _{hitung}	</>	F _{tabel}	Hipotesa		Kesimpulan
VIM (%)	3.624	>	2.305	Ha diterima	Ho ditolak	Terdapat Pengaruh terhadap VIM

SERBUK ARANG BATOK KELAPA					
Data VMA					
Kadar (A.B.K)	1	2	3	4	5
0%	17.865	17.943	18.022	18.162	17.952
0.61%	18.133	18.129	18.802	17.368	17.292
1.22%	17.794	18.520	17.342	17.114	18.000
1.83%	18.567	17.038	17.473	17.552	17.083
2.44%	17.704	18.681	17.729	16.452	16.799
3.05%	17.308	16.971	17.320	18.829	17.837
3.67%	17.674	17.389	18.620	18.375	17.439
4.28%	17.850	18.392	18.271	19.100	18.134
4.89%	20.195	18.520	18.399	17.582	18.853

Analisa Varian Satu Arah Data VMA										
Kadar (A.B.K)	0%	0.61%	1.22%	1.83%	2.44%	3.05%	3.67%	4.28%	4.89%	Jumlah
Sampel										
1	17.865	18.133	17.794	17.038	17.704	17.308	17.674	17.850	18.520	159.885
2	17.943	18.129	17.342	17.473	17.729	16.971	17.389	18.392	18.399	159.767
3	18.022	17.368	17.114	17.552	16.452	17.320	18.375	18.271	17.582	158.058
4	17.952	17.292	18.000	17.083	16.799	17.837	17.439	18.134	18.853	159.390
5										
										Total
Jumlah	71.783	70.923	70.250	69.146	68.684	69.436	70.877	72.647	73.354	637.099
	4	4	4	4	4	4	4	4	4	36
Rata-rata	17.946	17.731	17.563	17.287	17.171	17.359	17.719	18.162	18.338	

Kuadrat Tengah (JK)	319.167	328.791	316.625	290.292	313.420	299.565	312.357	318.616	342.980	
	321.949	328.672	300.749	305.301	314.330	288.023	302.371	338.254	338.521	
	324.806	301.664	292.886	308.089	270.679	299.977	337.659	333.846	309.115	
	322.290	299.024	324.007	291.826	282.194	318.152	304.132	328.832	355.443	
Dalam Perlakuan	3	3	3	3	3	3	3	3	3	27

JK	11284.603
Ry	11274.879
Py	5.0731508
Ey	4.6507516

Sumber Variasi	dk	JK	KT
Rata - rata	1	11284.6032	11284.6032
Antar Perlakuan	8	5.073	0.634
Dalam Perlakuan	27	4.65	0.1723
Jumlah	36		

$$F_{hitung} = \frac{\text{Antar Perlakuan}}{\text{Dalam Perlakuan}} = \frac{0.63414385}{0.17225006} = 3.682$$

Kadar (A.B.K)	0%	0.61%	1.22%	1.83%	2.44%	3.05%	3.67%	4.28%	4.89%
Sampel									
1	17.865	18.133	17.794	17.038	17.704	17.308	17.674	17.850	18.520
2	17.943	18.129	17.342	17.473	17.729	16.971	17.389	18.392	18.399
3	18.022	17.368	17.114	17.552	16.452	17.320	18.375	18.271	17.582
4	17.952	17.292	18.000	17.083	16.799	17.837	17.439	18.134	18.853
5									

Anova: Single Factor

SUMMARY

Groups	Count	Sum	Average	Variance
Column 1	4	71.783	17.946	0.004
Column 2	4	70.923	17.731	0.215
Column 3	4	70.250	17.563	0.165
Column 4	4	69.146	17.287	0.070
Column 5	4	68.684	17.171	0.417
Column 6	4	69.436	17.359	0.128
Column 7	4	70.877	17.719	0.207
Column 8	4	72.647	18.162	0.054
Column 9	4	73.354	18.338	0.291

ANOVA

Source of Variatio.	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	5.073151	8	0.634144	3.682	0.005	2.305
Within Groups	4.650752	27	0.17225			
Total	9.723902	35				

Parameter	F _{hitung}	</>	F _{tabel}	Hipotesa		Kesimpulan
VMA (%)	3.682	>	2.305	Ha diterima	Ho ditolak	Terdapat Pengaruh terhadap VMA

SERBUK ARANG BATOK KELAPA

Data MQ (Marshall Quotient)					
Kadar (A.B.K)	1	2	3	4	5
0%	297.37	275.38	299.15	260.54	284.69
0.61%	265.48	291.05	277.24	324.22	319.86
1.22%	332.20	266.61	237.47	365.11	292.98
1.83%	280.52	272.79	262.92	319.02	316.10
2.44%	244.79	255.59	299.95	302.19	304.81
3.05%	276.92	244.04	271.16	214.91	297.42
3.67%	239.92	231.14	207.70	251.04	243.72
4.28%	240.20	224.24	207.26	211.18	191.04
4.89%	215.12	209.16	202.82	183.83	171.55

Analisa Varian Satu Arah Data MQ (Marshall Quotient)

Kadar (A.B.K)	0%	0.61%	1.22%	1.83%	2.44%	3.05%	3.67%	4.28%	4.89%	Jumlah
Sampel										
1	297.368	265.481	332.200	280.520	244.791	276.920	239.924	224.238	215.116	2376.558
2	275.381	291.049	266.606	272.785	255.594	244.044	231.142	207.256	209.163	2253.019
3	299.152	277.245	237.472	262.921	299.954	271.155	251.044	211.176	202.822	2312.941
4	284.687	324.224	292.978	319.021	302.192	297.420	243.717		183.829	2248.070
5		319.861		316.098	304.808					940.766
										Total
Jumlah	1156.588	1477.859	1129.257	1451.344	1407.339	1089.539	965.827	642.670	810.931	10131.354
	4	5	4	5	5	4	4	3	4	38
Rata-rata	289.147	295.572	282.314	290.269	281.468	272.385	241.457	214.223	202.733	

Kuadrat Tengah (JK)	88427.573	70480.352	110356.954	78691.262	59922.553	76684.431	57563.361	50282.873	46275.040	
	75834.873	84709.438	71078.623	74411.870	65328.112	59557.359	53426.701	42954.843	43749.042	
	89491.750	76864.597	56393.151	69127.232	89972.454	73525.048	63023.041	44595.165	41136.965	
	81046.954	105121.039	85836.349	101774.482	91320.193	88458.832	59397.990		33793.280	
		102310.806		99917.654	92908.125					
Dalam Perlakuan	3	4	3	4	4	3	3	2	3	29

JK 2755750.37
Ry 2701166.54
Py 38333.0686
Ey 16250.7608

Sumber Variasi	dk	JK	KT
Rata - rata	1	2755750.37	2755750.37
Antar Perlakuan	8	38333.069	4791.634
Dalam Perlakuan	29	16250.76	560.3711
Jumlah	38		

$$F_{hitung} = \frac{\text{Antar Perlakuan}}{\text{Dalam Perlakuan}} = \frac{4791.63358}{560.371063} = 8.551$$

Kadar (A.B.K)	0%	0.61%	1.22%	1.83%	2.44%	3.05%	3.67%	4.28%	4.89%
Sampel									
1	297.37	265.48	332.20	280.52	244.79	276.92	239.92	224.24	215.12
2	275.38	291.05	266.61	272.79	255.59	244.04	231.14	207.26	209.16
3	299.15	277.24	237.47	262.92	299.95	271.16	251.04	211.18	202.82
4	284.69	324.22	292.98	319.02	302.19	297.42	243.72		183.83
5		319.86		316.10	304.81				

Anova: Single Factor

SUMMARY

Groups	Count	Sum	Average	Variance
Column 1	4	1156.588	289.147	125.685
Column 2	5	1477.859	295.572	668.164
Column 3	4	1129.257	282.314	1619.959
Column 4	5	1451.344	290.269	660.615
Column 5	5	1407.339	281.468	832.675
Column 6	4	1089.539	272.385	484.022
Column 7	4	965.827	241.457	68.588
Column 8	3	642.670	214.223	79.071
Column 9	4	810.931	202.733	184.013

ANOVA

Source of Variatio	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	38333.07	8	4791.634	8.551	6.583393312	2.278
Within Groups	16250.76	29	560.3711			
Total	54583.83	37				

Parameter	F _{hitung}	</>	F _{tabel}	Hipotesa		Kesimpulan
MQ (kg/mm)	8.551	>	2.278	Ha diterima	Ho ditolak	Terdapat Pengaruh terhadap MQ

SERBUK ARANG BATOK KELAPA					
Data VFA					
Kadar (A.B.K)	1	2	3	4	5
0%	76.649	76.245	75.835	75.125	76.195
0.61%	74.893	74.910	71.636	78.918	79.339
1.22%	76.634	72.979	79.063	80.339	75.566
1.83%	72.751	80.771	78.348	77.917	80.515
2.44%	77.110	72.209	76.974	84.236	82.158
3.05%	79.252	81.154	79.186	71.511	76.410
3.67%	77.269	78.806	72.499	73.684	78.530
4.28%	76.343	73.605	74.198	70.262	74.888
4.89%	65.551	72.981	73.569	77.760	71.397

Analisa Varian Satu Arah Data VFA										
Kadar (A.B.K)	0%	0.61%	1.22%	1.83%	2.44%	3.05%	3.67%	4.28%	4.89%	Jumlah
Sampel										
1	76.649	74.893	76.634	80.771	77.110	79.252	77.269	76.343	72.981	691.902
2	76.245	74.910	79.063	78.348	76.974	81.154	78.806	73.605	73.569	692.674
3	75.835	78.918	80.339	77.917	84.236	79.186	73.684	74.198	77.760	702.074
4	76.195	79.339	75.566	80.515	82.158	76.410	78.530	74.888		623.601
5										
										Total
Jumlah	304.924	308.060	311.603	317.550	320.478	316.002	308.290	299.033	224.311	2710.25
sampel lolos	4	4	4	4	4	4	4	4	3	35
Rata-rata	76.231	77.015	77.901	79.387	80.120	79.001	77.072	74.758	74.770	

Kuadrat Tengah (JK)	5875.01	5609.03	5872.83	6523.93	5945.94	6280.91	5970.52	5828.21	5326.26	
	5813.24	5611.51	6251.01	6138.34	5925.03	6585.90	6210.46	5417.66	5412.43	
	5750.94	6228.08	6454.31	6071.06	7095.78	6270.46	5429.36	5505.37	6046.64	
	5805.74	6294.64	5710.28	6482.60	6749.92	5838.56	6166.92	5608.18		
Dalam Perlakuan	3	3	3	3	3	3	3	3	2	26

JK	210107.04
Ry	209870.34
Py	111.74173
Ey	124.96346

Sumber Variasi	dk	JK	KT
Rata - rata	1	210107.043	210107.043
Antar Perlakuan	8	111.742	13.968
Dalam Perlakuan	26	124.96	4.8063
Jumlah	35		

$F_{hitung} =$

Antar Perlakuan
Dalam Perlakuan

=

13.9677162
4.80628687

=

2.906

Kadar (A.B.K)	0%	0.61%	1.22%	1.83%	2.44%	3.05%	3.67%	4.28%	4.89%
Sampel									
1	76.649	74.893	76.634	80.771	77.110	79.252	77.269	76.343	72.981
2	76.245	74.910	79.063	78.348	76.974	81.154	78.806	73.605	73.569
3	75.835	78.918	80.339	77.917	84.236	79.186	73.684	74.198	77.760
4	76.195	79.339	75.566	80.515	82.158	76.410	78.530	74.888	
5									

Anova: Single Factor

SUMMARY

Groups	Count	Sum	Average	Variance
Column 1	4	304.924	76.231	0.111
Column 2	4	308.060	77.015	5.985
Column 3	4	311.603	77.901	4.783
Column 4	4	317.550	79.387	2.143
Column 5	4	320.478	80.120	13.352
Column 6	4	316.002	79.001	3.814
Column 7	4	308.290	77.072	5.550
Column 8	4	299.033	74.758	1.391
Column 9	3	224.311	74.770	6.791

ANOVA

Source of Variatio	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	111.7417	8	13.96772	2.906	0.018628433	2.321
Within Groups	124.9635	26	4.806287			
Total	236.7052	34				

Parameter	F _{hitung}	</>	F _{tabel}	Hipotesa		Kesimpulan
VFA	2.906	>	2.321	Ha diterima	Ho ditolak	Terdapat Pengaruh terhadap VFA



LAMPIRAN
FOTO DOKUMENTASI

DOKUMENTASI



Batok Kelapa yang sudah dikeringan



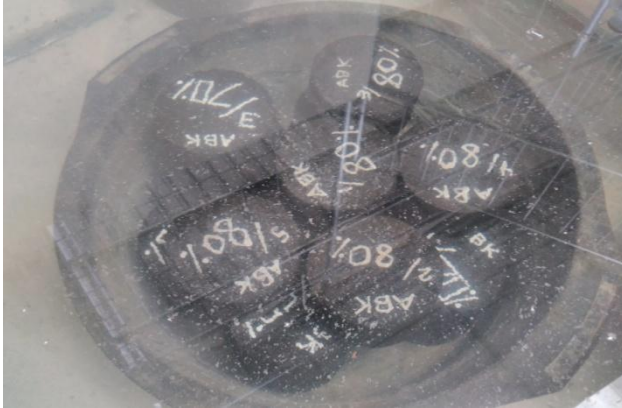
Proses Pembakaran Batok Kelapa



Pengujian Berat Jenis Serbuk Arang Batok Kelapa



Pengambilan Agregat



Perendaman Benda Uji



Alat Perendaman Beton Aspal (Water Bath)
dan Alat Pengujian Test Marshall



Persiapan Benda Uji



Alat Penumbukan dan Pengeluaran Benda Uji



Pembuatan Benda Uji



Pengukuran Tebal Benda Uji

PERSEMBAHANKU

Alhamdulillah hirobil alamin, Puji syukur dan sujud
kepadamu Ya Allah.

Telah memberikan bimbingan, kemudahan serta keberhasilan dalam
perjalananku ini, didalam menyelesaikan studi S-1.

Kupersembahkan karya ini untuk orang-orang yang sangat aku cintai dan
sayangi. Terima kasih ayah dan ibu yang telah memberikan dukungan serta do'a
dan tidak terbayarkan oleh materi serta memberikan pendidikan agar menjadi
orang yang berguna dimasa depan. Amin.....

Buat saudara” saya yang selalu mendukung dan juga membantu dalam
materi. Terima kasih untuk saudara” mas yanto, mas agus, mbk tina, dan mas
hasyim.

Buat dosen-dosen yang sangat membantu saya mengerjakan skripsi terima
kasih banyak atas bimbingannya. Serta buat orang yang selalu membantu dan
member masalah (Maya Indy Florensa) terima kasih.



Terimakasih tanpa batas insya allah akan aku ingat kalian semua,
Buat semua yang tidak tersebut terima kasih, karena manusia ta'
akan pernah lupa dari Lupa.

“KITA UNTUK SELAMANYA”